






AC

Optical splitting device for circular network having wave division multiplex

Patent number: CN1279548
Publication date: 2001-01-10
Inventor: GROTEGE S K (US); WAUTHERKA J J (US)
Applicant: LUCENT TECHNOLOGIES INC (US)
Classification:
- international: **H04J14/02; H04J14/02; (IPC1-7): H04J14/02**
- european: H04J14/02A
Application number: CN20000119332 20000628
Priority number(s): US19990340476 19990630

Also published as:

 EP1065820 (A2)
 US6947670 (B1)
 JP2001069087 (A)
 EP1065820 (A3)
 CA2312015 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for CN1279548

Abstract of corresponding document: **EP1065820**

An add/drop arrangement using broadband optical couplers provides a low-loss, highly flexible add/drop capability for survivable wavelength division multiplexed (WDM) ring networks. At each node in the ring having the broadband optical coupler-based add/drop element, a portion of optical signal power of the entire WDM signal (i.e., all optical channels) is tapped off so that one or more optical channels of particular wavelengths can be dropped at the node. Information (e.g., data) to be added at the node is supplied in an optical channel that is added to the WDM signal via the broadband coupler. Because the add/drop element uses a broadband coupler, another portion of optical signal power of the WDM signal, including any added optical channels, passes through the node onto the ring. Depending on the specific ring topology being used with the broadband coupler-based add/drop arrangement, additional wavelength assignment and handling measures may be required. For example, certain ring topologies may experience interference between optical channels of particular wavelengths due to possible recirculation of these optical channels beyond the add and drop nodes (e.g., after an optical channel passes its destination node). According to one illustrative embodiment, a node is equipped to perform wavelength conversion and/or wavelength suppression to prevent undesirable re-circulation of optical channels.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[51] Int. Cl⁷

[12] 发明专利申请公开说明书

[43]公开日 2001年1月10日

[11]公开号 CN 1279548A

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

代理人 蒋世迅

[71] 申请人 朗迅科技公司

地址 美国新泽西州

[72]发明人 史蒂文·K·克罗特基

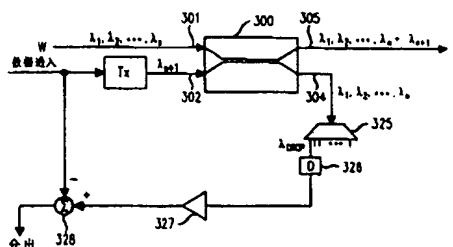
约翰·J·沃瑟尔卡

权利要求书 5 页 说明书 22 页 附图页数 14 页

[54]发明名称 用于采用波分复用的环形网的光学分插设备

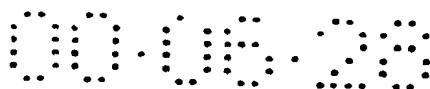
[57] 摘要

利用宽带光耦合器的分插设备提供一个低损耗和高高度灵活的分插能力,用于耐久的波分多路复用(WDM)环形网。在环中的每个节点处,该环有基于宽带耦合器的分插单元,抽出整个WDM信号(即,所有的光信道)中一部分光信号功率,所以,一个或多个特定波长的光信道可以在该节点分出。插入到该节点的信息(例如,数据)提供给光信道,该光信道是经宽带耦合器插入到WDM信号中。



ISSN 1008-4274

知识产权出版社出版



权 利 要 求 书

1. 一种分插设备，能够分插 WDM 环形网的波分多路复用（WDM）信号中至少一个光信道，该环形网有通过光纤设施连接的多个节点，该设备包括：

在多个节点的至少一个节点中，一个宽带光耦合器，它包含：耦合到光纤设施的第一输入，用于接收 WDM 信号；第一输出，用于传送 WDM 信号中抽出的第一部分光信号功率；和第二输出，用于传送 WDM 信号中第二部分光信号功率到 WDM 环形网；

耦合到第一输出的接收机，该接收机能够从抽出的第一部分中至少提取一个光信道；和

耦合到宽带光耦合器第二输入的发射机，该发射机能够提供要被插入的光信道到 WDM 信号中；和

在多个节点的至少一个节点中，一个防止光信道再循环的装置，可以大大减小 WDM 环形网中传输的各个光信道之间的干扰。

2. 按照权利要求 1 的分插设备，其中防止再循环的装置包括波长抑制单元。

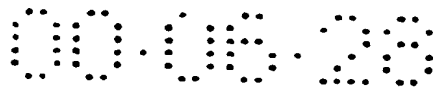
3. 按照权利要求 2 的分插设备，其中防止再循环的装置包括波长转换单元。

4. 按照权利要求 2 的分插设备，其中波长抑制单元的作用是，在所选的光信道已通过节点情况下，终止所选的光信道，在该节点已提取所选的光信道。

5. 按照权利要求 3 的分插设备，其中波长转换单元的作用是，在通过提取所选光信道的节点之前，在所选的第一波长光信道通过包含波长转换单元的节点情况下，把所选的第一波长光信道转变成第二波长。

6. 按照权利要求 3 的分插设备，其中有波长抑制单元和波长转换单元的节点是中心节点，该中心节点还包括：

至少一个光多路分解器，它有耦合到光纤设施的一个输入和多个



输出，其中至少一个光多路分解器把 WDM 信号分开到各个光信道中；和

至少一个光多路复用器，它有多输入，这样一个光多路复用器把各个光信道组合成复合 WDM 信号，并把这个复合 WDM 信号提供给光纤设施，

其中波长转换单元连接在至少一个光多路分解器所选输出与至少一个光多路复用器所选输入之间，且波长抑制单元耦合到至少一个光多路分解器的所选输出。

7. 按照权利要求 6 的分插设备，其中中心节点还包括按照权利要求 1 的宽带光耦合器，接收机和发射机。

8. 按照权利要求 1 的分插设备，其中 WDM 环形网是网络拓扑中的一种配置，选自由单向路径交换环，单向线路交换环，双光纤双向线路交换环，和四光纤双向线路交换环组成的组。

9. 在波分多路复用 (WDM) 环形系统中，该系统包括通过光纤设施连接的多个节点，一种分插 WDM 信号中至少一个光信道的方法，其中传送通信业务的光信道从第一节点传输到第二节点，该方法包括：

在第二节点，利用宽带光耦合器，从 WDM 信号中抽出一部分光信号功率；从抽出的部分 WDM 信号中提取传送通信业务的光信道；和经宽带光耦合器提供插入的光信道到 WDM 信号中；和

在中心节点，防止 WDM 环形系统中传送通信业务光信道的再循环，从而大大减小 WDM 信号中各个光信道之间的干扰。

10. 按照权利要求 9 的方法，其中防止再循环包括：大大抑制在第二节点提取的光信道中剩余部分的光信号功率。

11. 按照权利要求 9 的方法，其中防止再循环包括：在通过第二节点之前，所选的第一波长光信道通过中心节点的情况下，把所选的第一波长光信道转变成第二波长。

12. 一种波分多路复用环形系统，该系统包括通过光纤设施连接的中心节点和多个环节点，该系统还包括：

在多个环节的一个节点中，一个宽带光耦合器，它包含：耦合到光纤设施的第一输入，用于接收有多个光信道的波分多路复用信号；耦合到插入路径的第二输入，用于接收插入到波分多路复用信号的光信道；耦合到分出路径的第一输出，用于提供第一光信号功率电平的波分多路复用信号，使至少一个光信道可以从 WDM 信号中分出；和耦合到光纤设施的第二输出，用于提供第二光信号功率电平的波分多路复用信号和插入的光信道；和

在中心节点，防止光信道再循环的装置，可以大大减小 WDM 环形网中传输的各个光信道之间的干扰。

13. 按照权利要求 12 的系统，其中防止再循环的装置包括波长抑制单元。

14. 按照权利要求 13 的系统，其中防止再循环的装置包括波长转换单元。

15. 按照权利要求 13 的系统，其中波长抑制单元的作用是，在所选的光信道已通过节点情况下，终止所选的光信道，在该节点已分出所选的光信道。

16. 按照权利要求 14 的系统，其中波长转换单元的作用是，在所选的第一波长光信道通过节点之前通过中心节点的情况下，把所选的第一波长光信道转变成第二波长，在该节点分出所选的光信道。

17. 一种在单向路径交换环形网的波分多路复用（WDM）信号中至少分插一个光信道的方法，该环形网有经工作光纤和保护光纤连接的多个节点，其中在每条工作光纤和保护光纤上 WDM 信号从第一节点传输到第二节点，该方法包括：

在第一节点，给第二节点桥接传送通信业务的光信道到每条工作光纤和保护光纤上；和

在第二节点，利用宽带光耦合器从每条工作光纤和保护光纤上抽出 WDM 信号中一部分光信号功率；在每条工作光纤和保护光纤上从抽出的部分 WDM 信号中光滤波传送通信业务的光信道；从工作光纤和保护光纤上选取一个滤波后的光信道；分出选取的光信道；和经宽

带光耦合器提供插入的光信道到 WDM 信号中。

18. 一种在单向线路交换环形网的波分多路复用 (WDM) 信号中至少分插一个光信道的方法, 该环形网有经工作光纤和保护光纤连接的多个节点, 其中传送通信业务的光信道在 WDM 信号中从第一节点传输到第二节点; 该方法包括:

在正常工作模式下, 在工作光纤上从第一节点路由 WDM 信号到第二节点; 在环形网中存在故障的情况下促使相邻于故障的节点实施环回交换, 利用工作光纤和保护光纤从第一节点路由 WDM 信号到第二节点; 和

在第二节点, 利用宽带光耦合器从无论哪条工作光纤和保护光纤上抽出 WDM 信号中一部分光信号功率传输 WDM 信号; 从抽出的部分 WDM 信号中提取传送通信业务的光信道; 和经宽带光耦合器提供插入的光信道到 WDM 信号中。

19. 一种在双向线路交换环形网的波分多路复用 (WDM) 信号中至少分插一个光信道的方法, 该环形网有经第一光纤和第二光纤连接的多个节点, 第一光纤和第二光纤中每条光纤包含工作带宽和保护带宽, 其中 WDM 信号是从第一节点传输到第二节点, 该方法包括:

在正常工作模式下, 在第一光纤的工作带宽上从第一节点路由 WDM 信号到第二节点; 在环形网中存在故障的情况下促使相邻于故障的节点实施环回交换, 利用第一光纤的工作带宽和第二光纤的保护带宽从第一节点路由 WDM 信号到第二节点; 和

在第二节点, 利用宽带光耦合器, 从无论哪个工作带宽和保护带宽上抽出 WDM 信号中一部分光信号功率传输 WDM 信号; 从抽出的部分 WDM 信号中提取传送通信业务的光信道; 和经宽带光耦合器提供插入的光信道到 WDM 信号中。

20. 按照权利要求 17, 18 或 19 的方法, 还包括: 在中心节点, 若第一波长的光信道在通过第二节点之前通过中心节点, 则把传送通信业务的光信道波长从第一波长转变成第二波长。

21. 按照权利要求 17, 18 或 19 的方法, 还包括: 在中心节点,

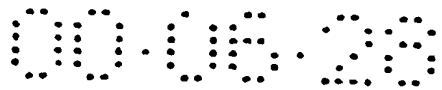
若传送通信业务的光信道已经通过第二节点，则大大抑制传送通信业务的光信道中剩余部分的光信号功率，可以防止环形网中传送通信业务光信道的再循环。

22. 一种在双向线路交换环形网的波分多路复用（WDM）信号中至少分插一个光信道的方法，该环形网有经沿顺时针方向工作路径的第一光纤，沿反时针方向工作路径的第二光纤，沿顺时针方向保护路径的第三光纤，和沿逆时针方向保护路径的第四光纤连接的多个节点，第一光纤和第二光纤中每条光纤有一个断开段，其中 WDM 信号是从第一节点传输到第二节点，该方法包括：

在正常工作模式下，在第一光纤和第二光纤二者之一中从第一节点路由 WDM 信号到第二节点；在环形网中存在故障的情况下促使相邻于故障的节点实施环回交换，利用无论哪种组合，第一光纤和第四光纤或第二光纤和第三光纤是有效的，从第一节点路由 WDM 信号到第二节点；和

在第二节点，利用宽带光耦合器，从无论哪条光纤的 WDM 信号中抽出一部分光信号功率传送 WDM 信号；从抽出的部分 WDM 信号中提取传送通信业务的光信道；和经宽带光耦合器提供插入的光信道到 WDM 信号中。

23. 按照权利要求 22 的方法，还包括步骤：当传送通信业务的光信道已通过第二节点时，路由传送通信业务光信道中剩余部分的光信号功率到第一光纤和第二光纤二者之一的断开段，从而防止环形网中传送通信业务光信道的再循环。



说 明 书

用于采用波分复用的环形网的光学分插设备

本发明一般涉及光波通信网，具体涉及波分多路复用环形网中插入信号和分出信号。

光纤成为通信网中传输媒介的一种选择，因为它具有与光传输有关的速度和带宽的优点。波分多路复用（WDM）把许多不同波长的光信道进行组合，在单根光纤中同时传输一个复合光信号，满足光传输应用中不断增长的更高速度和更大带宽的要求。随着光学网络化技术的进展，系统制造商正在规划密集的波分多路复用（DWDM）系统，例如，该系统在单根光纤中包含多达 80 或更多的光信道（即，波长）。因此，DWDM 光传输技术正在革新电信工业。

考虑到在远程网中采用 WDM 和 DWDM 技术的许多优点，现在正设想把 WDM 和 DWDM 技术用在短程网中，诸如，城域网，等等。传统上，实施的短程网是利用时分多路复用（TDM）等技术的同步光纤网（SONET）环。虽然这种 SONET 环工作的很好，但是，强烈的和不断增长的带宽要求以及管理那个带宽已经超出 SONET 环的能力和容量。所以，需要以可能最低的成本把大容量和独立于 WDM 和 DWDM 的协议扩展到这些短程环形网中。

特别是，我们非常希望把应用 WDM 和 DWDM 技术扩展到短程网中，代替现有的时分多路复用系统。例如，把分组或基于小区的传输直接地应用到各个光信道上，可以获得高的传输效率。此外，WDM 和 DWDM 系统在管理当今用户的动态带宽要求上可以提供更大的带宽和灵活性。

然而，与远程网应用比较，在城域网中实施 WDM 或 DWDM 技术提出一系列特有的难题。例如，城域网中的分插要求大大高于远程网的分插要求，因为城域网通常是在有限的地理区域内有更密集的用户。此外，通信业务的流量，通信业务类型的多样化，与分插通信业

务相关的业务动态变化使城域网中通信业务的管理更加复杂化。采用普通的 WDM 和 DWDM 技术解决这些问题，例如，采用远程网中的技术，大大增加费用敏感的城域环境下的成本和复杂性。

例如，普通光学分插多路复用方法的基础通常是在分插节点提取所选波长的整个信号功率。用于光学分插多路复用的一些器件包括：诸如，串列式阵列波导光栅 (AWG) 路由器，光纤布喇格光栅 (FBG)，或 Mach-Zehnder 滤波器 (MZF)。然而，这些器件有若干个缺点，不适合于短程通信中的实际应用，例如，环形网。这些缺点包括：诸如，波长相关损耗，因带宽变窄和群速度色散引起的功率损失和其他传输损伤，有限的频谱带宽，可伸缩性差，和实施成本高。

一般来说，局间 (IOF) 和接入城市应用中采用 DWDM 的经济主要取决于最新技术光学器件的成本，诸如，光多路复用器/分解器，光放大器，光开关，和 WDM 源。虽然带宽分配的灵活性是这个应用的关键因素，但是，利用直接的 DWDM 技术提供这种能力的代价在费用更敏感的环境下似乎显得特别昂贵。

所以，为了在城域网络化中实现 WDM 或 DWDM 技术的优点，需要一种在价格上有竞争力和在技术上可行的分插光信号解决方法。

在最新技术的分插设备中采用宽带光耦合器并结合波长转换元件和抑制元件，使得在 WDM 环形网中与波分多路复用 (WDM) 信号分插光信道相关的成本和光损耗大大下降。在 WDM 环中的每个节点，它包括基于宽带光耦合器的分插单元，抽出整个 WDM 信号 (即，所有的光信道) 中一部分光信号功率，所以，在该节点可以分出一个或多个特定波长的光信道。插入到节点上的信息 (例如，数据) 是在经相同的宽带光耦合器插入到 WDM 信号的光信道中提供的。WDM 信号中另一部分光信号功率 (包括任何增加的光信道) 传播通过该节点到达 WDM 环上。

按照本发明的另一个方面，WDM 环中至少一个节点包含波长转换元件和抑制元件，以减小各个光信道之间的干扰，这种干扰的产生可能是由于 WDM 环中这些光信道再循环的结果 (例如，在光信道通

过其目的节点之后)。波长转换和抑制因基于宽带耦合器的分插设备所用的特定环拓扑而不同。按照本发明原理的分插设备可以用在各种 WDM 环形结构中, 它包括路径交换环和线路交换环, 但不限制于这些环。

与现有技术的分插设备比较, 按照本发明原理的分插设备采用光损耗低的元件(例如, 分出路径和直通路径中的低损耗), 工作在宽的频谱带宽上(例如, 宽带), 以及依靠无源技术而不是有源技术, 因此, 降低了成本和减小复杂性。此外, 在 WDM 环中利用宽带耦合器分插光信道, 避免了现有技术分插设备中与级联波带变窄滤波器有关的问题。

根据以下本发明的详细描述并结合附图, 可以更完全地理解本发明, 我们用相同的参考数字表示相同的元件, 其中:

图 1 表示典型的环形网;

图 2A 和 2B 是多波长光学系统中典型的分插设备简化方框图;

图 3A 和 3B 是宽带耦合器的简化方框图, 这些宽带耦合器可用在按照本发明原理的波长分插单元中;

图 4 表示单向路径交换环形 (UPSR) 网中利用图 3 宽带耦合器的一个典型分插设备实施例;

图 5 表示按照本发明原理的另一个典型分插设备实施例;

图 6A-6D 和 7A-7D 是简化的网络图, 说明 UPSR 网通信环境下的本发明原理;

图 8 是按照本发明原理的图 6A-6D 和 7A-7D 中所示网络中一个节点的简化方框图;

图 9A 和 9B 是简化的网络图, 说明单向线路交换环形 (ULSR) 网通信环境下的本发明原理;

图 10 表示图 9 的 ULSR 网中利用图 3 宽带耦合器的一个典型分插设备实施例;

图 11 和图 12A-12B 是简化的网络图, 说明双光纤双向线路交换环形 (2F-BLSR) 网通信环境下的本发明原理;

图 13 表示图 11 和 12 的 2F-BLSR 网中利用图 3 宽带耦合器的一个典型分插设备实施例；

图 14A-14B 和图 15A - 15B 是简化的网络图，说明四光纤双向线路交换环形（4F-BLSR）网通信环境下的本发明原理；和

图 16 表示图 14 和图 15 的 4F-BLSR 网中利用图 3 宽带耦合器的一个典型分插设备实施例。

为了更好地理解本发明的原理，首先给出典型环形网的纵览。具体地说，我们描述原型的 WDM 环，它包括一个或多个具有光学分插能力的网络单元，例如，光学分插复用器。为了概要地说明环形网，包括 SONET/SDH 环和 WDM 环，例如，请参阅 Kaminow 等人 “Optical Fiber Telecommunications”, Vol. IIIA. pp. 269-275 和 567-573 (1997)，合并在此供参考。应当注意，虽然是在单环配置中描述本发明的原理，这些描述也适用于多光纤重叠的耐久 WDM 环，例如，多环结构。而且，此处展示和描述的这些实施例是在 4 节点网络的环境下，本发明的原理也可适用于有任何数目节点的环形网。因此，此处展示和描述的这些实施例是作为说明而不是对它的任何限制。

图 1 表示单向路径交换环（UPSR）100，包括：经光纤 110 和 111 连接的节点 101-104（分别标记为节点 A 至节点 D）。节点 101-104 可以包括：网络单元，这些网络单元能够根据经光纤 110-111 传输的信号插入和分出信道，如图所示的节点 101 和节点 102。UPSR 工作的基本原理对于专业人员而言是熟知的。例如，UPSR 网在 SONET/SDH 领域中是熟知的，请参阅 Bellcore Generic Requirements, GR-1400-CORE, “SONET Dual-Fed Unidirectional Path-Switched Ring (UPSR) Equipment Generic Criteria”, January 1999, M. Chow, “Understanding SONET/SDH Standards and Applications”, pp.7-23 至 7-40 (1995)，和 W. Goralski, “SONET: A Guide to Synchronous Optical Networks”, pp. 342-366 (1997)，所有这些都合并在此供参考。一般来说，通过利用所谓的工作路径和保护路径以及利用入口节点和出口节点处的首端桥接和尾端交换，UPSR 是可以耐久的。

利用图 1 作为一个例子，节点 101-104 经工作路径的光纤 110 和经保护路径的光纤 111 互联。例如，进入节点 101 的信号是首端桥接到光纤 110 和 111 上，并经工作路径和保护路径沿相反的方向（如箭头所示）传播到节点 102。在节点 102，可以利用尾端交换选取来自工作路径或保护路径的信号作为节点 102 的出口。按照这个方法，该环是可以耐久的，因为在 UPSR 100 中发生某些故障的情况下，可以保持各个节点之间的通信。

在基于 WDM 的 UPSR 情况下，每个光信道工作在不同的波长上，包括许多这种信道的多波长光信号在每条光纤 110 和 111 上传送。利用基于 WDM 的 UPSR 内光传输的优点，根据该环内选取节点处的多波长信号，需要分出和插入各个光信道。例如，可能需要在节点 101 处经特定的光信道插入通信业务和在节点 102 处分出该通信业务。因此，在每个节点 101 和 102 中必须提供光学分插能力，便于从那个光信道分插信息。光分插复用器通常用于这个目的。

应当注意，在每个节点处可能需要一些附加的光学或电子设备用于正确的路由通信业务，例如，SONET 分插复用器，交叉连接，ATM 开关，IP 路由器，等等。为了理解本发明的原理，这些用于处理分插通信业务的光学或电子设备的详细性质是不重要的。

再参照图 1，波长分配可能是基于 WDM 的 UPSR 中一个问题，因为通信是单向的，且信号是桥接在节点之间的工作路径和保护路径上。例如，从节点 101 到节点 102 的信号和从节点 102 到节点 101 的信号在光纤 110 上是沿相同的方向传播。类似地，这些节点之间的信号在光纤 111 上也是沿相同的方向传播。因此，若相同的波长用于从节点 101 到节点 102 和从节点 102 到节点 101 的通信，则围绕该环的两条光纤 110 和 111，例如，分别是工作路径和保护路径，那个波长被完全占用。因此，可能没有波长复用的机会，这是因为每个连接与特定波长（即，专用波长）的各个光信道之间存在一一对应关系。更具体地说，可能利用分开的光信道（例如，波长 λ_1 ）用于节点 101 与 102 之间的通信，可能利用另一个光信道（例如，波长 λ_2 ）用于

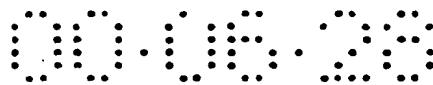
节点 101 与 103 之间的通信，等等。因此，基于 WDM 环中的波长分配成为一个重要的问题，特别是基于 WDM 环中的分插能力。

如上所述，波长分插复用器的普通用途是在分插节点处提取所选波长的整个信号功率。所以，现有的分插设备通常包含波长选择性元件，根据复合的多波长光信号，即，WDM 信号，分插各个光信道。然而，这些分插设备有以下描述的许多缺点。图 2A 和 2B 表示两个波长分插单元的例子，这些分插单元给 WDM 的应用提供灵活的分插能力。

图 2A 中所示的分插设备包括：光多路分解器 201，用于多路分解复合 WDM 信号成它的光信道组分。在这个例子中，每个光信道耦合到一系列光开关 202 和波长分插单元 205。波长分插单元可以是，例如，马赫-陈德尔（Mach-Zehnder）滤波器，用于分出单个光信道和插入单个光信道，每个光信道与相同的波长有关。光开关 202 表示为 1×2 开关，其作用是，第一个位置用于正常的直通过路由光信道，而第二个位置用于分出和/或插入通信业务到光信道。然后，利用光多路复用器 206 把这些光信道组分组合成复合的 WDM 信号。光放大器 210 通常是用于补偿发生在分插设备中的损耗。

在其他的一些问题中，这些类型分插设备因 WDM 应用中需要多个元件造成高的插入损耗和高的成本，特别是那些有多个信道数目的系统。作为一个例子，与多路复用器 206 有关的损耗通常可高达 20-24 dB。另一个严重的缺点是滤波器级联造成的波带变窄效应。虽然没有画出，但应当注意，对于每个插入和分出的信道，分别需要单独的发射机和接收机。去掉光开关 202，虽然可以降低成本和损耗，但是，出现了与运行中升级等有关的其他问题。特别是，使用 1×2 开关可以允许有非破坏性的系统升级，例如，这些开关包括在启动阶段，而波长分插器件随用户的要求而改变。

图 2B 表示另一个光分插设备的例子，该装置利用光纤布喇格光栅作为波长选择性元件。这种装置是熟知的，例如，参阅 Giles 等人
“ Low Loss Add/Drop Multiplexers for WDM Lightwave



Networks", Tenth International Conference on Integrated Optics and Optical Fiber Communication, vol. 3, Hong Kong, Jun. 1995, pp. 66-67. 在这个配置中, 光循环器 215 与光栅 216 结合分别经光多路分解器 217 和多路复用器 218 用于分出和插入光信道。在运行时, 光栅 216 相对于直通的那些光信道是透射的, 而相对于分出和插入的那些光信号是反射的。如同在现有的装置中, 由于元件的数目和复杂性, 降低成本和损耗成为一个问题。此外, 当信号传播通过相继的光栅时, 波带变窄仍然是一个问题, 服务升级很可能破坏现有的服务。

按照本发明的原理, 最新的技术进展是利用基于宽带耦合器的分插单元, 以及环形网中合适的波长分配和信号路由, 根据 WDM 信号插入和分出光信道。图 3A 和 3B 表示两个可利用本发明原理的典型宽带耦合器装置, 其中图 3A 是用在单个波长分插方案中, 而图 3B 把此概念扩展到采用合适的多路复用/多路分解元件的多波长分插方案中。

更具体地说, 图 3A 表示按照本发明原理基本分插设备组成部分的简化方框图。简要地说, 宽带耦合器或分接头 300 (以下称之为耦合器 300) 允许光信号被提取和/或插入到传输设施上, 例如, 光纤等。耦合器 300 包括: 输入端 301, 用于接收多波长 WDM 光信号, 和输入端 302, 用于接收插入到 WDM 光信号中特定波长的光信道。因为耦合器 300 是宽带耦合器, 每个输出端 304 和 305 传送复合的 WDM 光信号, 即, 所有的波长。然而, 从复合 WDM 光信号中分出的光信道是经输出端 304 提供的 WDM 光信号中提取的, 而包含插入光信道的 WDM 光信号是经输出端 305 提供的。

专业人员非常熟悉宽带耦合器和分接头以及它们的操作。因此, 那些专业人员认识到各种宽带光耦合器可用于实践本发明的原理。一般来说, 可以预期, 耦合器 300 可以是任何合适的光器件, 用于两个或多个端口之间分配, 分路或耦合光功率。在本发明的范围内, 耦合器 300 指的是宽带耦合器, 因为可以设想, 耦合器 300 具有必需的频谱带宽: 1) 接收多个有不同波长光信道的 WDM 信号; 2) 抽出 WDM

信号中一部分光信号功率，因此，可以在节点处从 WDM 信号中分出特定的光信道；和 3) 提供 WDM 信号中另一部分光信号功率，用于输出到光传输设施。

在此处说明和描述的各个实施例中，设想一个“20/80”宽带耦合器用于实践本发明的原理。这种耦合器的一个例子是 E-Tek Dynamics, Inc. 制造的双窗口宽带耦合器。在这个典型的耦合器中，经输入端 301 和 302 提供的光信号中约 20% 的光信号功率被抽出，并经分接头输出端 304 提供，而在输出的 WDM 信号中约 80% 的光信号功率经输出端 305 提供。应当注意，这个例子仅仅是说明性的，因为其他比率类型的耦合和抽出百分比也可用于实践本发明的原理。例如，我们知道，耦合器 300 的耦合比可以根据设计和性能参数而改变，为的是获得光转移到分接头输出端 304 和 305 所需的百分比。特别是，从光纤抽出光信号功率的百分比值是一个设计选择，它可以根据这样一些参数确定，例如，光发射功率，接收灵敏度，光纤损耗，等等。在这些实施例中说明和描述的例子中，所需的抽出功率大约可以在 0.5 dB 至 3 dB 的范围内，例如，1 dB。而且，专业人员都知道，这些数值仅仅是说明性的，取决于许多因素。

图 3B 表示耦合器 300 如何与其他元件结合使用，例如，光多路复用器 310 和光多路分解器 311，用于分插多个不同波长的光信道到 WDM 光信号中。在其他的方面，耦合器 300 的运行和特征类似于图 3A 中所描述的，此处，为了简化不再重复。

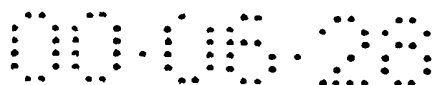
再参照图 1 中的 UPSR 100，可以设想，一个或多个节点 101-104 包含利用按照本发明原理耦合器 300（图 3A 和 3B）的分插设备。更具体地说，图 4 表示按照本发明原理一个典型的分插设备，该装置在 UPSR 100 中采用耦合器 300A 和 300B。如图所示，这个分插设备包含耦合器 300A，它耦合到光纤 110，即，图 1 中 UPSR 100 中的工作路径。类似地，耦合器 300B 耦合到光纤 111，即，UPSR 100 中的保护路径。耦合器 300A 和 300B 分别在输入端 301A 和 301B 接收包含多个不同波长光信道的 WDM 信号，此处用 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 表示。

如上所述，相同的信号通常是首尾桥接在 UPSR 的工作路径和保护路径上。

耦合器 300A 和 300B 还分别耦合到输入端 302A 和 302B 处的光发射机 315A 和 315B，其中每个光发射机提供特定波长的光信道插入到 WDM 信号中，此处用 λ_{n+1} 表示。可以设想，光发射机 315A 和 315B 是固定型或可调谐型，波长选择性的，直接或外部调制的，等等。专业人员熟知这些不同器件的具体例子，用于提供光载波（即，特定波长的光信道）和用于调制数据到光载波上。所以，为了简化解释和说明，用于插入通信业务（例如，数据）到 WDM 信号上的器件都统一地表示成光发射机。按照本发明的另一方面，这在以下具体的网络配置例子中要给以更详细的描述，光发射机 315A 和 315B 可以是图 4 所示分开的器件或表现为单个光发射机。在后者的情况下，光发射机可以耦合到分路器（未画出），例如， 1×2 功率分路器，用于提供一个光信道（即，有相同的波长）给每个耦合器 300A 和 300B。专业人员还清楚地知道其他方面的改动。

耦合器 300A 和 300B 还分别耦合到输出端 304A 和 304B 处的光滤波器 316A 和 316B。如上所述，耦合器 300A 和 300B 是宽带耦合器，所以，在这些耦合器中从复合 WDM 光信号（即， $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ ）中只抽出一部分光信号功率。因此，就需要光滤波器 316A 和 316B，用于滤波 WDM 光信号中分出的特定波长光信道，此处用 λ_{drop} 表示，其中 λ_{drop} 代表一个或多个光信道组分（即， $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ ）。专业人员对于光滤波器以及用于分开或分路复合 WDM 光信号成光信道组分的其他器件也是知道的。

来自每条工作路径和保护路径的滤波后的光信道，即，从 WDM 光信号中分出的光信道组分，提供给光保护交换单元 318。作为举例，根据所用的特定保护交换装置，交换单元 318 在 UPSR 100 中提供尾端交换功能，用于选取工作路径或保护路径提供的信号。然后，选取的光信道提供给合适的光接收机 320，用于在分出节点处作合适处理。专业人员对于接收和处理调制光载波（即，特定波长的光信道）所用



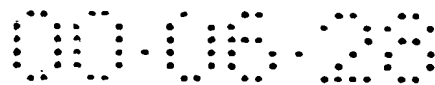
各种不同器件的具体例子是知道的。因此，为了简化解释和说明，从 WDM 信号中分出通信业务（例如，数据）的各种器件统一地称之为光接收机。

此外，因为耦合器 300A 和 300B 是宽带耦合器，包含插入光信道（例如， λ_{n+1} ）的复合 WDM 光信号（即， $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ ）中一部分光信号功率是分别经工作路径光纤 110 上输出端 305A 和保护路径光纤 111 上输出端 305B 提供的。按照这种方法，宽带耦合器 300A 和 300B 也便于分出和连续操作。

应当注意，还可以对以上实施例作各种改变以适应电子保护交换。例如，可以利用光电接收机代替电子开关之前的光滤波器 316A 和 316B，例如， 2×1 开关，用于执行开关 318 的尾端交换功能。

利用宽带耦合器分插信号可能造成潜在的串音问题。更具体地说，因为信号是通过相同的分接头或耦合器发射（即，插入）和提取（即，分出）的，就有可能使发射的信号“泄漏”到提取的信号中。由于发射的信号通常比提取或抽出的信号有更高的光信号功率，还会使这种不希望有的效应加剧。作为举例，这种泄漏可能是信道隔离以及特定光滤波器，多路分解器等器件串音特征的结果，这些器件是用于滤波 WDM 信号中分出的特定波长光信道。所以，图 5 表示按照本发明原理的一个典型实施例，利用自适应均衡或抵消大大减小或消除这种不希望有的效应。

更具体地说，图 5 表示耦合器 300，它具有以上实施例中描述类似特征。为了简化，此处仅仅描述这个实施例与上述实施例之间的差别。如图所示，耦合器 300 经输出端 304 耦合到光多路分解器 325。光多路分解器 325 接收耦合器 300 中抽出的部分复合 WDM 信号，并把这个复合 WDM 信号分成不同波长的各个光信道。由于上述器件的串音和信道隔离限制，例如，光多路分解器，抽出的 WDM 光信号中可能包含无用信号分量，这些信号分量来自插入到耦合器 300 输入端的光信道，即，此处用 λ_n 表示。因此，在节点处分出的单个光信道，此处用 λ_{drop} 表示，可能包含这些无用信号分量。



为了解决这个问题，在节点处分出的单个光信道 (λ_{drop}) 耦合到转换成电信号的一个器件，例如，光电检测器 326。专业人员清楚地知道光电检测器和相当器件的操作。可以把电信号按照普通的方法再耦合到放大器 327。然后，把放大的电信号提供给减法电路 328，所以，在节点（即，耦合器 300 的输入端 302）插入的信号可以从该节点分出的信号中减去。专业人员还知道去除抽出信号中无用信号分量的其他方法，这些方法都可以根据此处所述的内容中设想到。

为了更好地理解本发明的原理，现在描述几个典型的环形网配置，这些环形网配置采用上述实施例中描述的基于宽带耦合器的分插设备。

例 1（单向路径交换环）

图 6A-6D 表示一个可利用本发明原理的典型单向路径交换环（UPSR）400。如图所示，UPSR 400 包括：节点 401-403 和特殊功能节点 405，以下称之为终端节点 405，下面要详细地描述其原因。节点 401-403 和节点 405 在环形配置中通过光纤 410 和 411 互联，以下分别称光纤 410 和 411 为工作路径 410 和保护路径 411。UPSR 的基本工作原理是已知的，在结合图 1 的描述中给以简要的总结。节点 401-403 中每个节点可以包含以上实施例中描述的基于宽带耦合器的分插设备（例如，图 3 和图 4）。然而，图 6A-6D 中所示的典型方案说明节点 402 与 403 之间（即，节点 B 与 C 之间）特殊的通信例子。因此，我们假设，至少节点 402 和 403 中每个节点包含图 4 所示基于宽带耦合器的分插设备。

此外，在这个实施例中需要终端节点 405，由于在闭环结构中可能出现光自干扰问题。众所周知，当两个节点之间传送通信业务的特定波长光信道也围绕该环无限制地持续传播时，这些问题就可能出现。一般来说，为了避免自干扰问题，在环中不允许循环（即，再循环）。按照本发明的原理，把输入光信号转变成电信号和然后再转变回光信号，可以大大减少终端节点处的自干扰效应。更具体地说，利用环中的终端节点 405 作为该环的始发点和终止点，其中一些信号可

以在该节点插入，一些信号可以在该节点分出，一些信号表示为通过该节点（例如，正常通过），以及一些信号可以在该节点终止或被抑制。只是作为举例，终端节点的功能可以在中心节点（例如，中心局位置）或在公共的交叉连接节点处实施，交叉连接节点是连接几个环。还应当注意，终端节点 405 也可用于监测网络和送出控制和管理信息给该环中的其他节点。

图 8 表示按照本发明原理一个典型终端节点实施例的简化方框图。简要地说，终端节点包括：多路分解和多路复用 WDM 光信号的元件，转变各个光信道中波长的元件，以及插入和分出信号的元件。图 8 的终端节点 405 可以用在图 6 的 UPSR 400 中，其中终端节点耦合到环中的工作路径 410 和保护路径 411。在终端节点 405 处，光多路分解器 420 耦合到工作路径 410，把 WDM 光信号分散到各个光信道中。其中一些光信道耦合到波长转换器 421。波长转换器，例如，光转换器单元（OTU）对于专业人员是已知的。利用 OTU 作为例子，把光信号转变成电信号，然后再转变成不同波长的光信号。以下，我们要更详细地描述在图 6 的 UPSR 工作环境下需要波长转换器。一些多路分解光信道在终端单元 450 处被终止或受抑制。专业人员知道终止光信号的许多不同的方法和器件，例如，光电检测器和接收机，等等。

在合适的波长转变或终止以后，光多路复用器 422 多路复用各个光信道成复合的 WDM 光信号。虽然所有信道的完全多路分解和后续的多路复合是在终端节点 405 得到的，但是，可以有几种方法和波长方案获得这个功能。一个例子是阵列式波导路由多路复用/分解器，诸如所谓的 Dragone 路由器，请参阅美国专利 No. 5,002,350，把它合并在此供参考。然而，专业人员知道其他的解决方法，可以根据此处所述内容设想到这些方法。

耦合到保护路径 411 的是光多路分解器 420，多路复用器 422，波长转换器 421，和终端单元 450，所有这些器件执行与上述工作路径 410 中对应器件相同的功能。如图所示，波长分插单元 490 耦合到

每条工作路径 410 和保护路径 411，分别用于插入和分出光信道是合适的。为了简化说明，波长分插单元 490 是用单个功能块表示的，然而，可以理解，波长分插单元 490 可以用图 4 所示基于宽带耦合器的分插设备实现。

在运行中，如图 6 所示，信号可以在 UPSR 400 中插入和分出。为了简化说明，虽然包含不同波长光信道的复合 WDM 信号是围绕 UPSR 400 传播的，但只用该环中虚线箭头画出所选节点处实际插入和分出的光信道。图 6A 和 6B 表示从节点 B (402) 到节点 C (403) 的通信。节点 B 在工作路径 410 上 (图 6A) 沿顺时针方向送出光信道 λ_1 的数据，而在保护路径 411 上 (图 6B) 沿逆时针方向送出光信道 λ_1 的数据。在图 6A 中，利用图 4 所示的基于宽带耦合器的分插设备，节点 C 从工作路径 410 上抽出 WDM 光信号中一些光信号功率，所以，光信道 λ_1 上传送的通信业务可以在节点 C 分出。然后，工作路径 410 上 WDM 信号的光信道 λ_1 中剩余的光信号功率被终端节点 405 处的终止单元 450 终止。在它通过其目的节点 (节点 C) 以后，终止或抑制光信道 λ_1 的一个理由是防止干扰，否则当光信道在节点 B 插入到该环中时，若允许光信道围绕节点 B 循环，则可能产生这种干扰。

如图 6B 所示，WDM 信号 (包含光信道 λ_1) 在保护路径 411 上沿逆时针方向传播。在终端节点 405 接收到以后，光信道 λ_1 的波长被转变成光信道 λ_3 。在光信道还没有通过其目的节点时，转变该光信道波长的一个理由也是防止干扰，否则当光信道原先在节点 B 插入到该环中时，若允许原始波长的光信道 (例如，光信道 λ_1) 围绕节点 B 循环，则可能产生这种干扰。如图所示，节点 C 从保护路径 411 上抽出 WDM 光信号中一些光信号功率，所以，光信道 λ_3 上传送的通信业务可以在节点 C 分出。然后，保护路径 411 上 WDM 信号的光信道 λ_3 中剩余的光信号功率被终端节点 405 处的终止单元 450 终止。

在图 6A 和 6B 中，UPSR 400 中波长分配和终端节点 405 的使用

说明与波长复用有关的一个重要方面。特别是，因为宽带耦合器只抽出 WDM 光信号（即，所有的波长）中一部分光信号功率，而不是在特定节点提取 WDM 光信号中特定的波长，WDM 光信号（即，所有的波长）仍然围绕该环传播。因此，该环中节点之间插入和分出的光信道各个波长不能被复用。例如，用于从节点 402 到节点 403 传送通信业务的光信道波长不能被从节点 403 到节点 402（在 C 插入和在 B 分出）传送通信业务的光信道所利用。所以，按照本发明原理的分插设备需要不同的波长以支持该环中每个连接，例如， λ_1 用于从 B 到 C， λ_2 用于从 C 到 B，等等。

类似地，图 6C 和 6D 表示从节点 C 到节点 B 的通信。节点 C 在工作路径 410 上（图 6C）沿顺时针方向送出光信道 λ_2 的数据，而在保护路径 411 上（图 6D）沿逆时针方向送出光信道 λ_2 的数据。如图 6C 所示，终端节点 405 把光信道 λ_2 的波长转变成光信道 λ_3 ，其理由如上所述。如图所示，节点 B 从工作路径 410 上抽出 WDM 光信号中一些光信号功率，所以，光信道 λ_3 上传送的通信业务可以在节点 B 分出。然后，工作路径 410 上 WDM 光信号的光信道 λ_3 中剩余的光信号功率被工作路径 410 上终端节点 405 处的终止单元 450 终止。如图 6D 所示，节点 B 从保护路径 411 上抽出 WDM 光信号中一些光信号功率，所以，光信道 λ_2 上传送的通信业务可以在节点 B 分出。然后，保护路径 411 上 WDM 光信号的光信道 λ_2 中剩余的光信号功率被终端节点 405 处的终止单元 450 终止。

在以上图 6 所示的实施例中，给定节点插入相同波长的光信道到工作路径和保护路径上，但从工作路径和保护路径接收和分出不同波长的光信道。在另一个实施例中，可能要求插入不同波长的光信道到工作路径和保护路径上，但接收和分出有相同波长的光信道。后者的例子在图 7A-7D 中说明。因为图 6A-6D 中描述的工作原理同样适用于图 7A-7D 中所示的实施例，为了简化，不再描述这个原理。专业人员清楚地知道本发明精神和范围内的其他改动，可以根据此处所述内容设想到这些改动。

例 2 (单向线路交换环)

按照本发明原理的分插设备也可以有效地应用于第二类型环形网，所谓的单向线路交换环形 (ULSR) 网。而且，ULSR 网的基本工作原理也是已知的。简要地说，ULSR 中的各个节点只在工作路径上以相同的方向 (即，单向) 通过路由信号进行通信。在节点失效，缆线断开，或其他故障的情况下，相邻于该失效位置的节点实施所谓的“环回交换”，其中信号经保护路径沿与工作路径相反的方向被路由。

按照本发明的原理，利用基于宽带耦合器的分插设备，WDM 信号可以在 ULSR 中插入和分出。更具体地说，图 9A-9B 表示可利用本发明原理的典型单向线路交换环 (ULSR) 500。如图所示，ULSR 500 包括：节点 501-503 和终端节点 505。节点 501-503 和终端节点 505 在环形结构中通过光纤 510 和 511 互联，以下分别称之为工作路径 510 和保护路径 511。如同在以上的 UPSR 例子中，节点 501-503 中每个节点可以包含基于宽带耦合器的分插设备。然而，图 9A-9B 中所示的典型方案表示节点 502 与 503 (即，节点 B 与 C) 之间通信的一个特殊例子，其中节点 501 与 502 (即，节点 A 与 B) 之间出现故障。因此，我们假设，至少节点 502 和 503 中每个节点包含基于宽带耦合器的分插设备。

而且，为了简化说明，即使包含不同波长光信道的复合 WDM 信号围绕环传播，但只用该环中虚线箭头画出所选节点处实际插入和分出的光信道。在图 9A 中，节点 B 在工作路径 510 上通过光信道 λ_1 沿顺时针方向送出数据到节点 C。利用按照本发明原理基于宽带耦合器的分插设备，节点 C 从工作路径 510 上抽出 WDM 信号中一些光信号功率，所以，光信道 λ_1 上传送的通信业务可以在节点 C 分出。然后，工作路径 510 上 WDM 光信号的光信道 λ_1 中剩余的光信号功率被终端节点 505 处的终止单元 550 终止。

如图 9B 所示，节点 C 在工作路径 510 上通过光信道 λ_3 沿反时针方向送出数据到节点 B。类似于上述实施例中所叙述的理由，终端

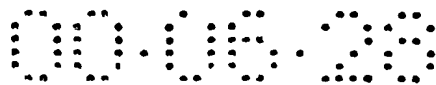
节点 505 把光信道 λ_3 的波长转变成光信道 λ_2 。由于节点 A 与 B 之间的故障状态 560，每个节点 A 和 B 按照已知的线路交换环方法实施环回交换。因此，WDM 光信号在工作路径 510 上被节点 A 接收，并环回到保护路径 511，在该路径上继续传播到它的目的地，例如，节点。在它的目的节点 B，WDM 光信号再环回到工作路径 510。利用按照本发明原理基于宽带耦合器的分插设备（未画出），节点 B 从工作路径 510 上抽出 WDM 光信号中一些光信号功率，所以，光信道 λ_2 上传送的通信业务可以在节点 B 分出。WDM 光信号的光信道 λ_2 中剩余的光信号功率沿工作路径 510 传播到终端节点 505，在该节点处被终止单元 550 终止。

应当注意，在许多方案中，若终端节点失效，则该网络中的通信业务不能生存。例如，若终端节点失效，从而使相邻的节点实施环回交换，所以，信号不会传播通过终端节点 505，则不可能发生适合的波长转换和抑制/终止。因此，出现上述的干扰问题。

图 10 表示一个基于宽带耦合器的分插设备的典型实施例，可用在 ULSR 500（图 9）中分插信号。专业人员清楚地知道，图 10 中的装置是图 4 中所示 UPSR 实施例的变型。因此，为了简化，不再重复描述共同的元件和功能。取而代之，对重大的差别给以说明，其中大部分涉及到分插设备与工作路径 510 和保护路径 511 的连接，以及信号通过宽带耦合器 601 之后，这些路径上信号的交换和路由。

如图所示，分插设备 600 包括：宽带耦合器 601，光发射机 602，光滤波器 603，和光接收机 604，其中每个器件以类似于图 4 装置中的方式工作。然而，分插设备 600 还至少包括：两个光开关 610 和 611，此处表示为 2×2 光开关。可以利用已知的器件实现光开关 610 和 611，例如，光电开关，机光开关，铌酸锂开关，聚合物开关，等等。专业人员还知道按照本发明原理其他适合的器件用于路由光信号。

在正常工作条件下，例如，不出现故障状态，开关 610 和 611 是在纵横状态。更具体地说，经工作路径 510 进入开关 611 的信号被交换或路由到耦合器 601。在耦合器 601 中，如同以上在图 4 的实施例



中所描述的,发生光信道的插入和分出。从耦合器 601 中输出的 WDM 光信号传播到 610, 在该处信号经工作路径 510 被交换或路由。

当环中出现故障时(例如,图 9 所示 ULSR 500 中的故障 560), 相邻于该故障的节点(例如,节点 A 或 B)实施环回交换和相应的路由信号。在一个例子中,开关 611(开关 B)可能改变成所谓的直条状态,而开关 610(开关 A)可能保持在交叉状态。在这个方案中,经工作路径 510 进入开关 611(开关 B)的信号被开关 611 直接环回交换到保护路径 511 上。经保护路径 511 被开关 610(开关 A)接收的信号沿路径 615 交换,由于开关 610(开关 A)是在交叉状态。因为开关 611(开关 B)是在交叉状态,则来自路径 511 的信号被路由通过耦合器 601,如上所述,在该处可能发生合适的分插操作。然后,从耦合器 601 输出的信号被开关 610(开关 A)路由到工作路径 510,因为开关 610 仍然在交叉状态。应当注意,在分插设备中每个光开关状态的改变,例如,交叉状态或直条状态,取决于故障相对于节点的位置。

例 3(双光纤双向线路交换环)

按照本发明原理的分插设备也可以有效地应用于另一种类型的环形网,所谓的双向线路交换环形(BLSR)网。如同 UPSR 网和 ULSR 网一样,BLSR 网在 SONET/SDH 领域内是熟知的,例如,参阅 Bellcore Generic Requirements, GR-1230-CORE, “SONET Bi-directional Line-Switched Ring Equipment Generic Criteria”, December 1996, M. Chow, “Understanding SONET/SDH Standards and Applications”, pp. 7-23 至 7-40 (1995), 和 W. Goralski, “SONET: A Guide to Synchronous Optical Networks”, pp. 342-366 (1997), 所有这些资料都合并在此供参考。

按照本发明的原理,利用 BLSR 中一个或多个节点处基于宽带耦合器的分插设备,WDM 信号可以分插到 BLSR 中。更具体地说,图 11 表示可以利用本发明原理的典型双光纤双向线路交换环(2F-BLSR) 650。2F-BLSR 650 具有与以上环形网相同的基本物理配置。

特别是, 节点 651-653 和终端节点 655 在环形配置中通过光纤 660 和 661 互联。然而, 2F-BLSR 与单向环比较的差别发生在通信业务流上。在 2F-BLSR 网络中, 例如, 每条光纤 660 和 661 中的带宽被分成两部分, 一半用于工作通信业务, 另一半用于保护通信业务。此外, 在光纤 660 中业务流沿顺时针方向, 而在光纤 661 中业务流沿逆时针方向。

而且, 为了简化说明, 即使复合 WDM 信号是围绕环传播的, 但只用该环中虚线箭头画出所选节点处实际插入和分出的光信道。在图 11 中 (正常工作), 节点 652 (节点 B) 利用光纤 660 的工作带宽经光信道 λ_1 沿顺时针方向送出数据到节点 653 (节点 C)。类似地, 节点 653 (节点 C) 利用光纤 661 的工作带宽经光信道 λ_2 沿逆时针方向送出数据到节点 652 (节点 B)。如同在以上的实施例中一样, 基于宽带耦合器的分插设备 (未画出) 包含在每个节点 652 和 653 中, 便于插入和分出光信道 λ_1 和 λ_2 。按照类似的方法, 光信号 λ_1 和 λ_2 在终端节点 655 被终止, 其理由与以上叙述的相同。

图 12A 和 12B 说明在节点 B 与 C 之间出现故障情况下 2F-BLSR 650 的运行, 其中图 12A 表示从节点 B 到节点 C 的通信, 而图 12B 表示从节点 C 到节点 B 的通信。一般来说, 利用类似于上述 ULSR 例子方式的环回交换, 不同的是每条光纤 660 和 661 中工作带宽与保护带宽之间的通信业务流。特别是, 节点 B 和节点 C 都实施环回交换以响应故障 670。

在图 12A 中, 处在环回交换模式下的节点 B 从光纤 660 的工作带宽路由 WDM 光信号 (包括光信道 λ_1) 到光纤 661 的保护带宽上。光信道 λ_1 不在终端节点 655 被终止, 因为它还没有到达其目的地。节点 C 从光纤 661 的保护带宽环回交换 WDM 光信号到光纤 660 的工作带宽上。利用按照本发明原理基于宽带耦合器的分插设备, 光信道 λ_1 中传送的通信业务在节点 C 处被分出。按照与以上所述类似的方式, 光纤 660 工作带宽上 WDM 光信号的光信道 λ_1 中剩余光信号功率在终端节点 655 被终止。

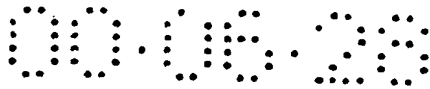
在图 12B 中，按照与以上所述类似的方式，光信道 λ_2 从节点 C 围绕 2F-BLSR 650 路由到节点 B。重要的差别是，在节点 C 处，WDM 光信号（包含光信道 λ_2 ）从光纤 661 的工作带宽（沿逆时针方向）环回交换到光纤 660 的保护带宽上（沿顺时针方向），和在节点 B 处，反之亦然。

2F-BLSR 650 中另一个重要的差别是，终端节点 655 仍然能够在光纤 660（顺时针方向）和光纤 661（逆时针方向）中传送或终止特定波长的光信道。然而，不一定需要波长转换，因此，可以导致在该环的节点之间使用较少的波长分插信号。例如，在没有故障的情况下，当任何两个节点之间的所有连接并不路由通过终端节点 655 时，波长转换是不需要的。在此情况下，终端节点 655 终止或抑制光纤 660 和 661 中所有的波长。若在环中出现故障和起动环回交换以隔离故障，则终端节点仅仅传送还没有通过其目的节点的波长。

图 13 表示一个基于宽带耦合器的分插设备 700 典型的实施例，该装置可以用在图 11 和 12 中 2F-BLSR 650 的节点 651-653 中。图 13 中分插设备 700 的结构和运行类似于以上图 10 中所描述的，不同的是利用附加的宽带耦合器和相应的元件，用于分插各个光信道。特别是，分插设备 700 包括：一对宽带耦合器 701A-701B，一对光发射机 702A-702B，一对光滤波器 703A-703B，一对光接收机 704A-704B，以及一对光开关 710 和 711，用于耦合到光纤 660 和 661 上。利用附加的耦合器 701B 及其相关的发射机 702B，滤波器 703B，和接收机 704B，这是因为信号可以从光纤 660 和 661 的工作带宽上插入和分出。如同在以上的实施例中一样，当环处在正常工作时（即，没有故障），开关 710-711 工作在交叉状态。类似地，光开关 710 和 711 可以改变状态以执行环回功能，例如，直通状态和交叉状态，取决于故障相对于节点的位置。

例 4（四光纤双向线路交换环）

另一个熟知的光环形网结构是所谓的四光纤双向线路交换环（4F-BLSR），专业人员对于这种环的结构和运行是很清楚的。简要

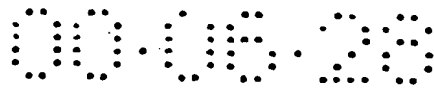


地说，4F-BLSR 的工作类似于 2F-BLSR，不同的是，独立的光纤专门用于以下的每个通信业务流：沿顺时针方向的工作业务；沿反时针方向的工作业务；沿顺时针方向的保护业务；和沿反时针方向的保护业务。

图 14A-14B 表示正常状态期间典型的四光纤双向线路交换环（4F-BLSR）中的通信业务流，而图 15A-15B 表示环中出现故障时的通信业务流。如图所示，节点 801-804 在环的配置中经光纤 810（顺时针工作路径），光纤 811（逆时针工作路径），光纤 820（顺时针保护路径），和光纤 821（逆时针保护路径）互联。由于以下要更详细地说明的原因，顺时针工作路径的光纤 810 和逆时针工作路径的光纤 811 都不构成闭环。然而，顺时针保护路径的光纤 820 和逆时针保护路径的光纤 821 分别构成闭环。

在图 14A 中，节点 802（节点 B）利用顺时针工作光纤 810 经光信道 λ_1 沿顺时针方向送出数据到节点 803（节点 C）。在图 14B 中，节点 C 经光信道 λ_1 沿逆时针工作光纤 811 送出数据到节点 B。为了简化说明，即使复合 WDM 信号是围绕环传播的，但只用该环中虚线箭头画出所选节点处实际插入和分出的光信道。利用以上实施例中描述的基于宽带耦合器的分插设备（未画出），WDM 信号可以分出和插入到 4F-BLSR 800 中（例如，节点 B 与 C 之间的光信道 λ_1 ）。

在运行时不同于其他实施例的一个重要差别是波长的终止和转换。特别是，因为顺时针工作光纤 810 和逆时针工作光纤 811 都不构成闭环，在 4F-BLSR 800 中不需要特殊的终端节点。取而代之，只要不连接该环中一对节点之间的工作光纤就可以避免干扰。例如，光信道 λ_1 中的剩余光信号功率就是在如图所示光纤中各自的终端终止，这些光信号功率是在各自的节点（例如，顺时针工作光纤 810 的节点 C 和逆时针工作光纤 811 的节点 B）被抽出之后围绕该环传播的。这个实施例只是用于说明。因此，专业人员清楚地知道在工作光纤的末端终止或抑制特定波长光信道的其他方法。还应当注意，波长转换是不需要的，只需要一个波长用于 4F-BLSR 800 上任何两个节点之



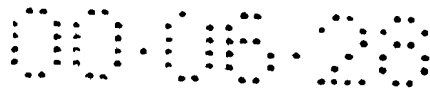
间的双工连接。

图 15A 和 15B 说明在节点 B 与 C 之间出现故障 825 情况下 4F-BLSR 800 的运行, 图 15A 表示从节点 B 到节点 C 的通信, 而图 15B 表示从节点 C 到节点 B 的通信。一般来说, 按照与以上例子中描述的类似方法实施环回交换, 其中的一些差别将在以下给以说明。在这个特定的例子中, 节点 B 和节点 C 都实施环回交换以响应故障 825。

在图 15A 中, 处在环回交换模式下的节点 B 从顺时针工作光纤 810 路由 WDM 光信号 (包含光信道 λ_1) 到逆时针保护光纤 821 上。WDM 光信号 (包含光信道 λ_1) 围绕如图所示的环传播。在节点 C, WDM 光信号从逆时针保护光纤 821 环回到顺时针工作光纤 810 上。利用按照本发明原理基于宽带耦合器的分插设备 (未画出), 光信道 λ_1 上传送的通信业务在节点 C 处被分出。如上所述, 在顺时针工作光纤 810 中, WDM 光信号的光信道 λ_1 中剩余的光信号功率被终止。

类似地, 在图 15B 中, 处在环回交换模式下的节点 C 从逆时针工作光纤 811 路由 WDM 光信号 (包含光信道 λ_1) 到顺时针保护光纤 820 上。WDM 光信号 (包含光信道 λ_1) 围绕如图所示的环传播。在节点 B 处, WDM 光信号从顺时针保护光纤 820 环回到逆时针工作光纤 811 上。利用按照本发明原理基于宽带耦合器的分插设备 (未画出), 光信道 λ_1 上传送的通信业务在节点 B 处被分出。如上所述, 在逆时针工作光纤 811 中, WDM 光信号的光信道 λ_1 中剩余的光信号功率被终止。利用已知的方法, 还可以采用跨度交换代替 4F-BLSR 中的环回交换。

图 16 表示一个基于宽带耦合器的分插设备 900 的典型实施例, 该装置可以用在图 14 和 15 所示 4F-BLSR 中的节点 801-804。图 16 中分插设备 900 的结构和运行类似于图 10 和 13 中所描述的, 不同的是在上述环回交换功能方面的差别。例如, 为了便于顺时针工作光纤 810 与逆时针保护光纤 821 之间的环回交换, 该分插设备包括: 一对开关 910-911, 宽带耦合器 901, 以及相关的发射机 902, 滤波器 903, 和接收机 904。类似地, 为了便于逆时针工作光纤 811 与顺时针保护



光纤 820 之间的环回交换，该分插设备包括：一对开关 920-921，宽带耦合器 915，以及相关的发射机 916，滤波器 917，和接收机 918。

如同以上的实施例中一样，当环处在正常工作时（例如，没有故障），开关 910-911 和 920-921 工作在交叉状态。类似地，开关 910-911 和 920-921 改变状态以执行环回功能，例如，直通状态和交叉状态，取决于故障相对于节点的位置。因此，分插设备 900 的运行以及该装置中不同方向上的通信业务流遵从与以上实施例相同的基本原理。

以上的叙述仅仅是说明本发明的原理。专业人员能够设计出许多不同的装置，虽然此处没有明确地提出和给以描述，但是，这些装置体现了本发明精神和范围内的原理。例如，按照本发明原理的分插设备可应用于这些光环结构，它们不同于此处具体说明和描述的实施例（例如，不同的环拓扑，不同的节点数目，等等）。本发明的原理也同样适用于光放大网络以及可能不包含光放大器的那些网络。此外，专业人员认识到各种光元件与电元件的组合，它们可以代替此处描述的用于执行分插和保护交换功能的典型结构。所以，本发明的范围仅仅受以下权利要求书的限制。

说明书附图

图 1

100

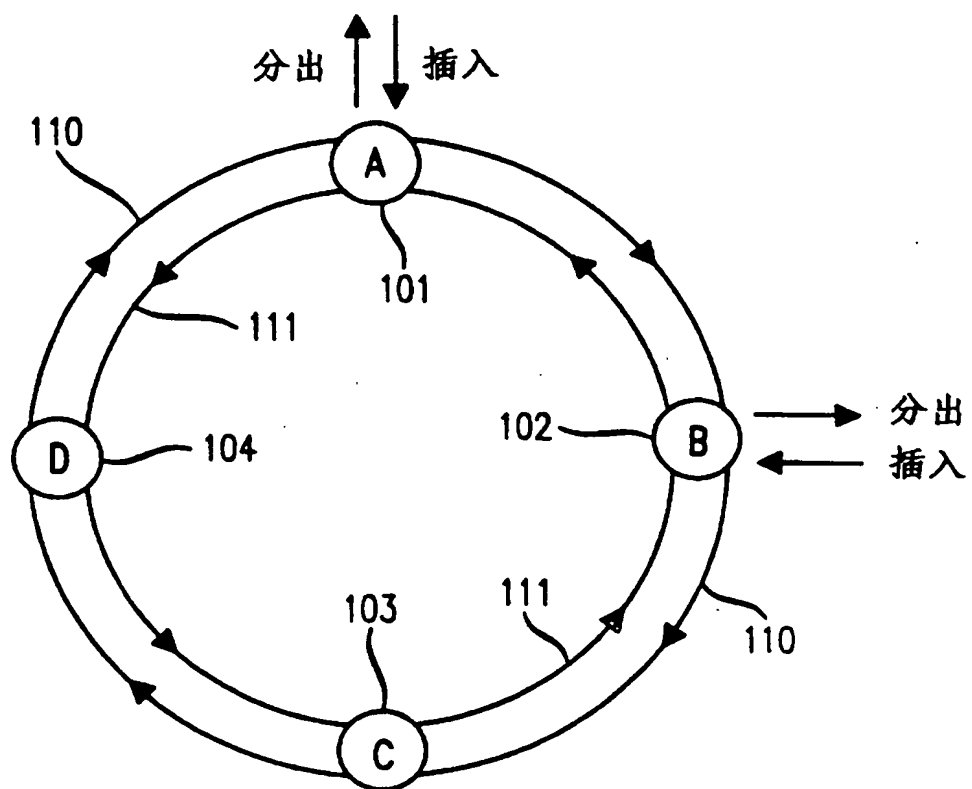


图2A
现有技术

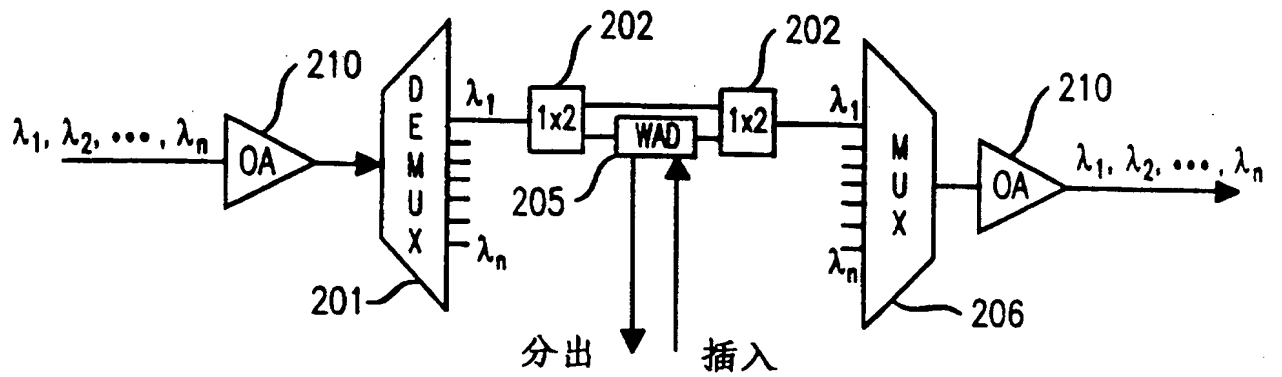


图2B
现有技术

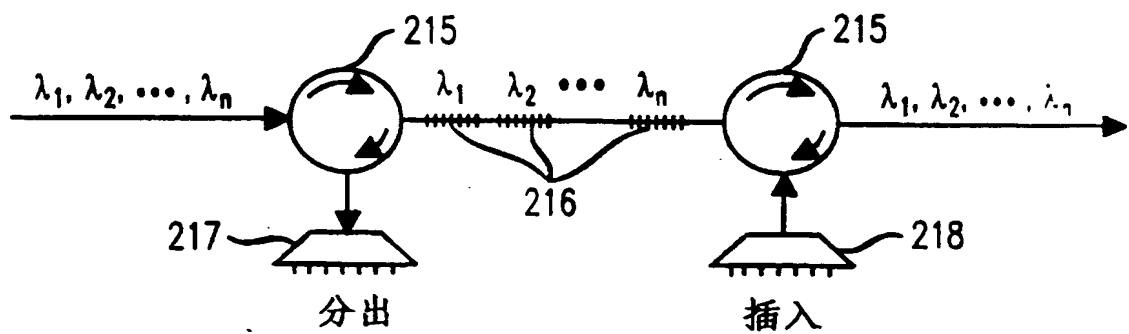


图 3A

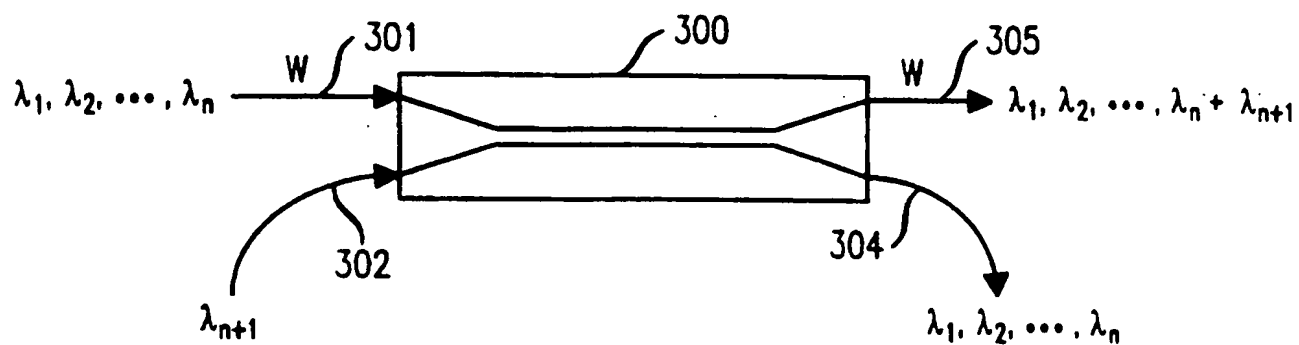


图 3B

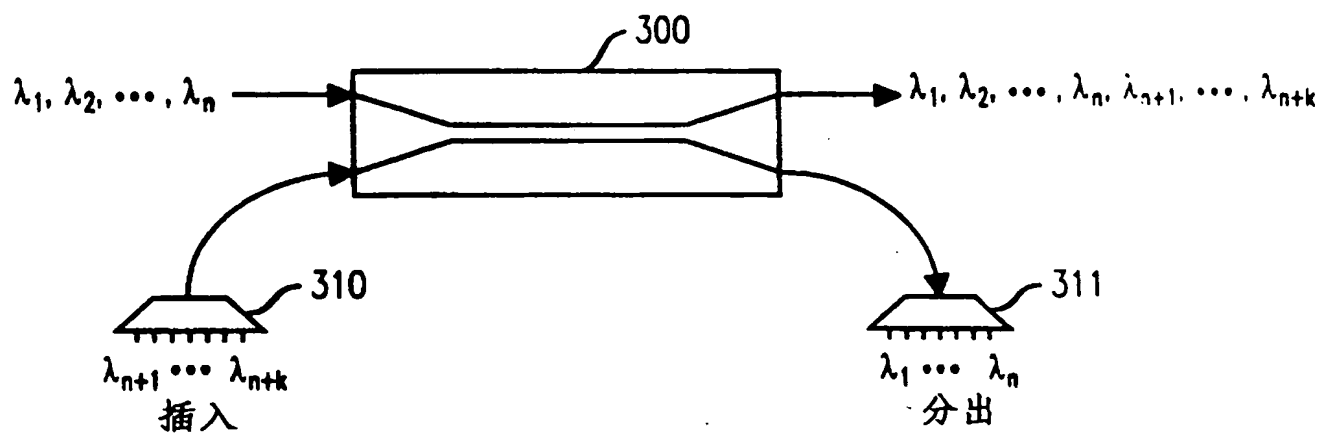


图 4

400

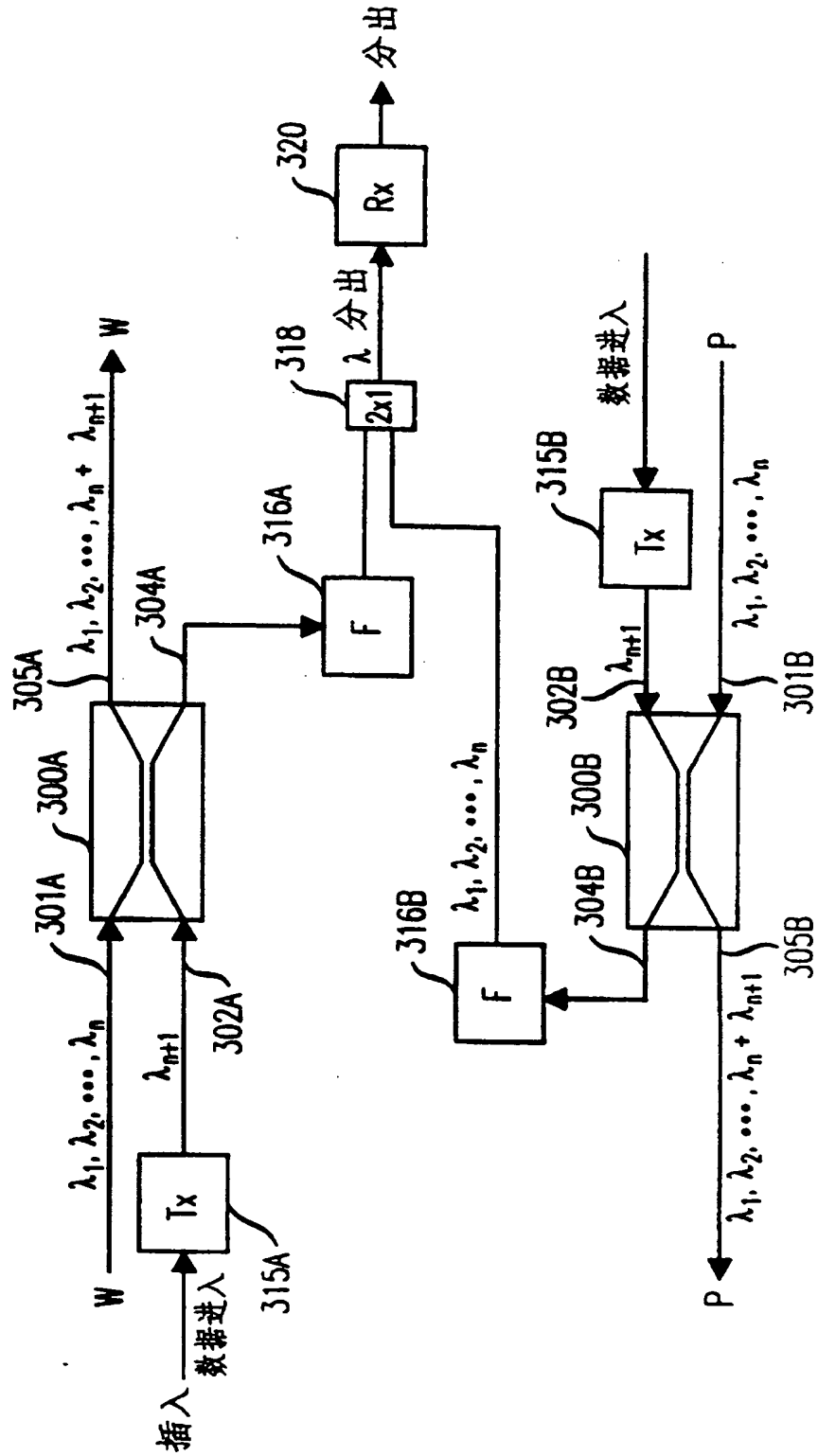
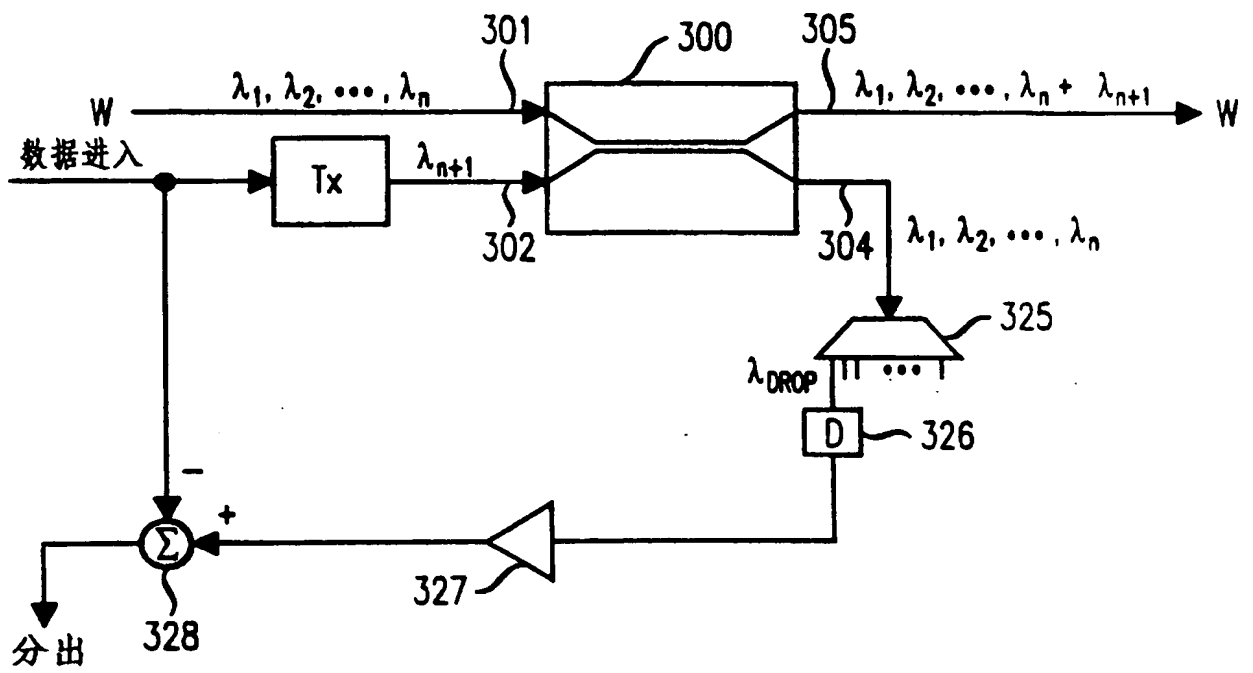


图 5



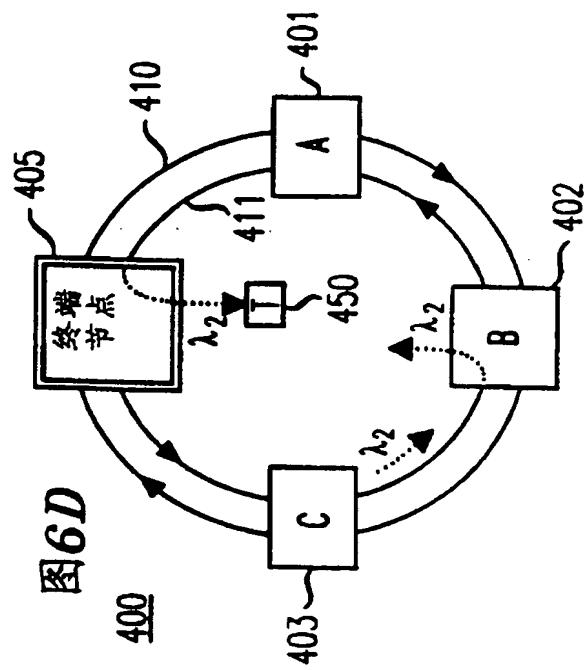
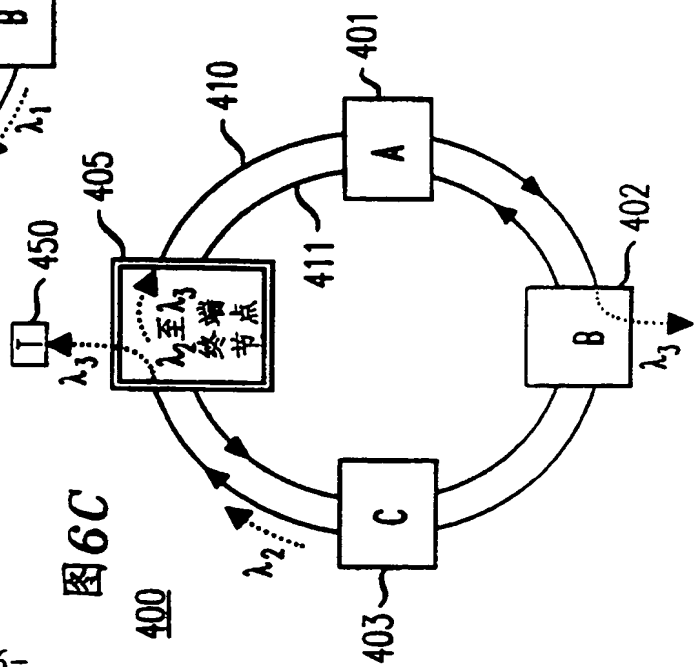
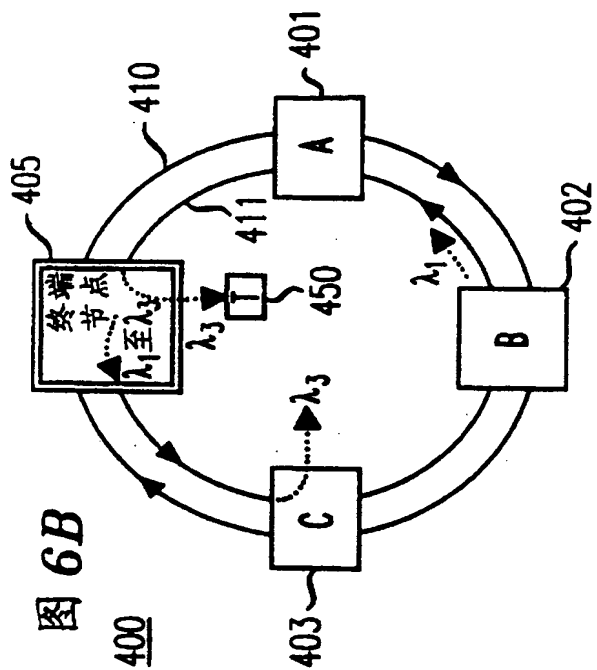
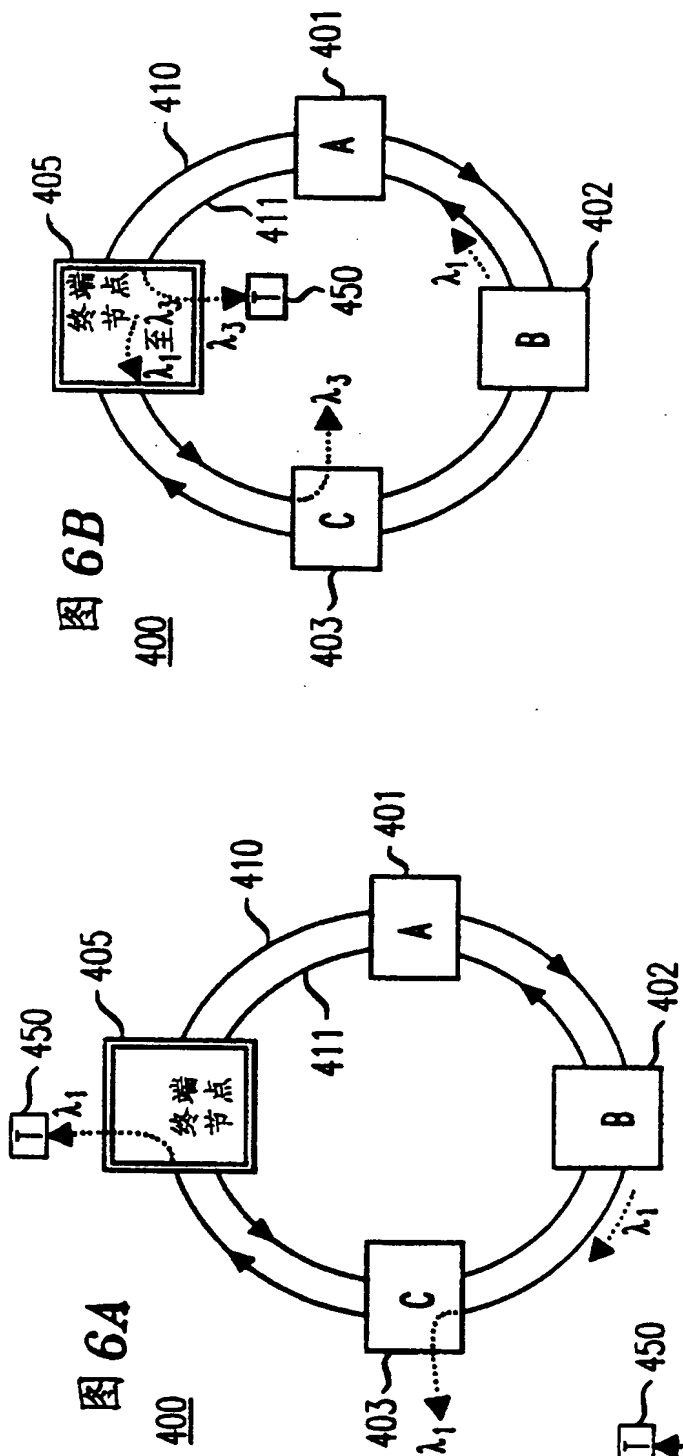


图8

405

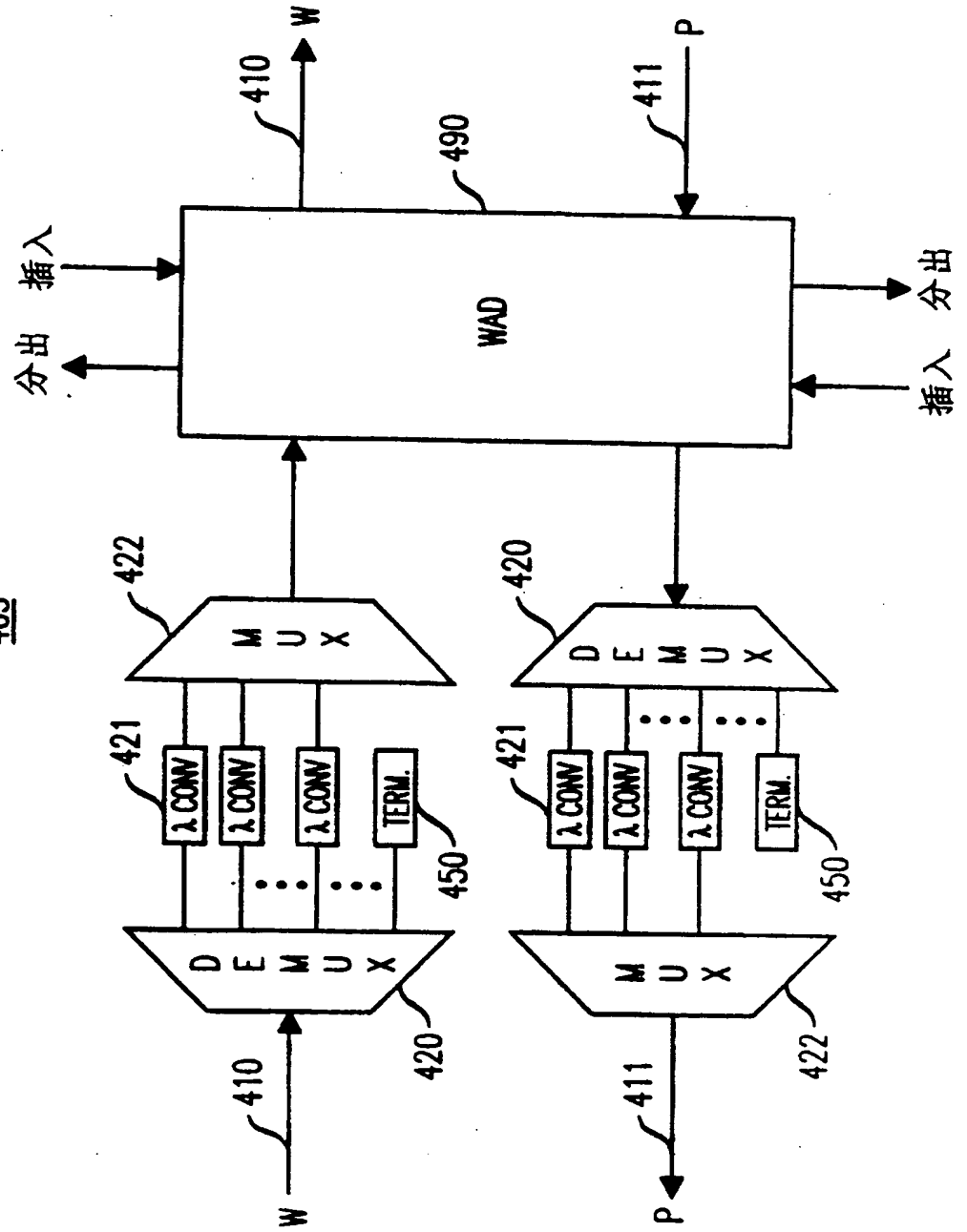


图 9B

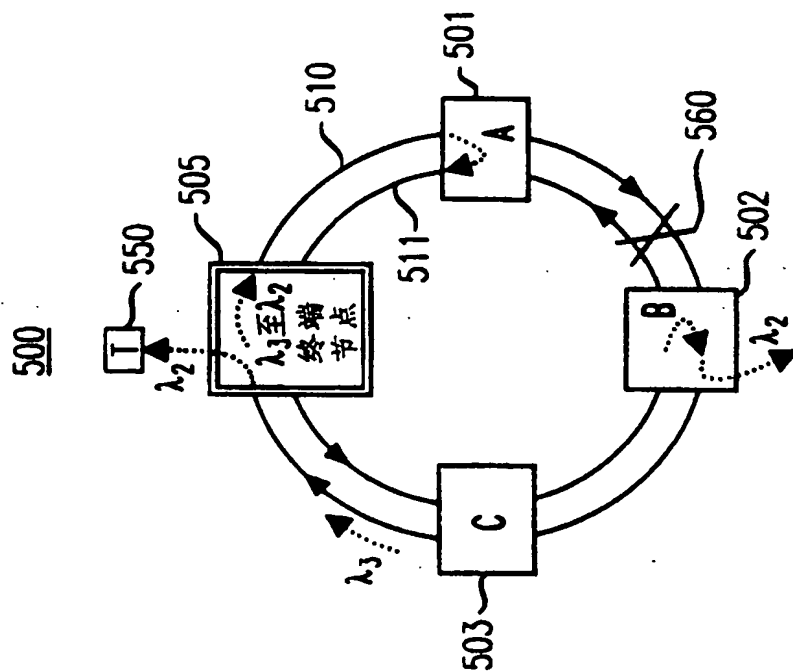


图 9A

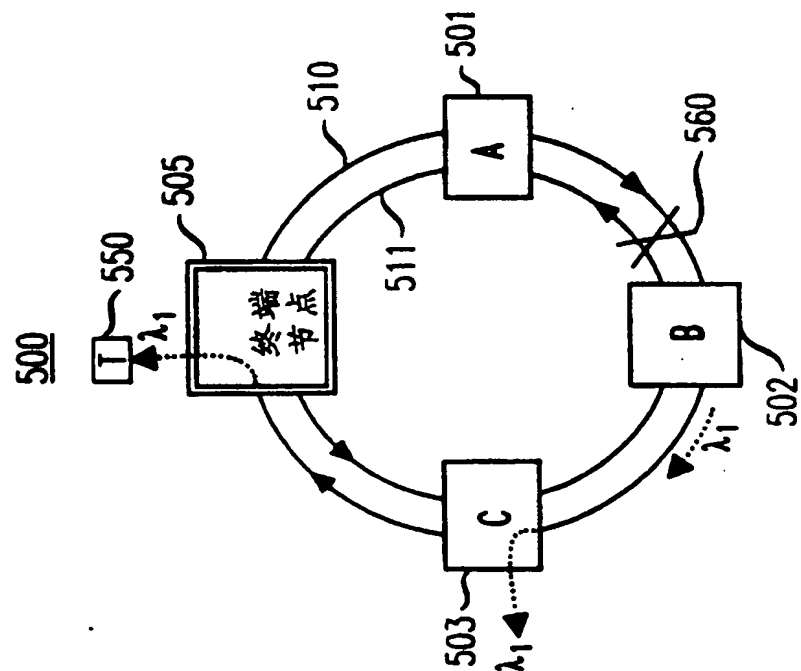
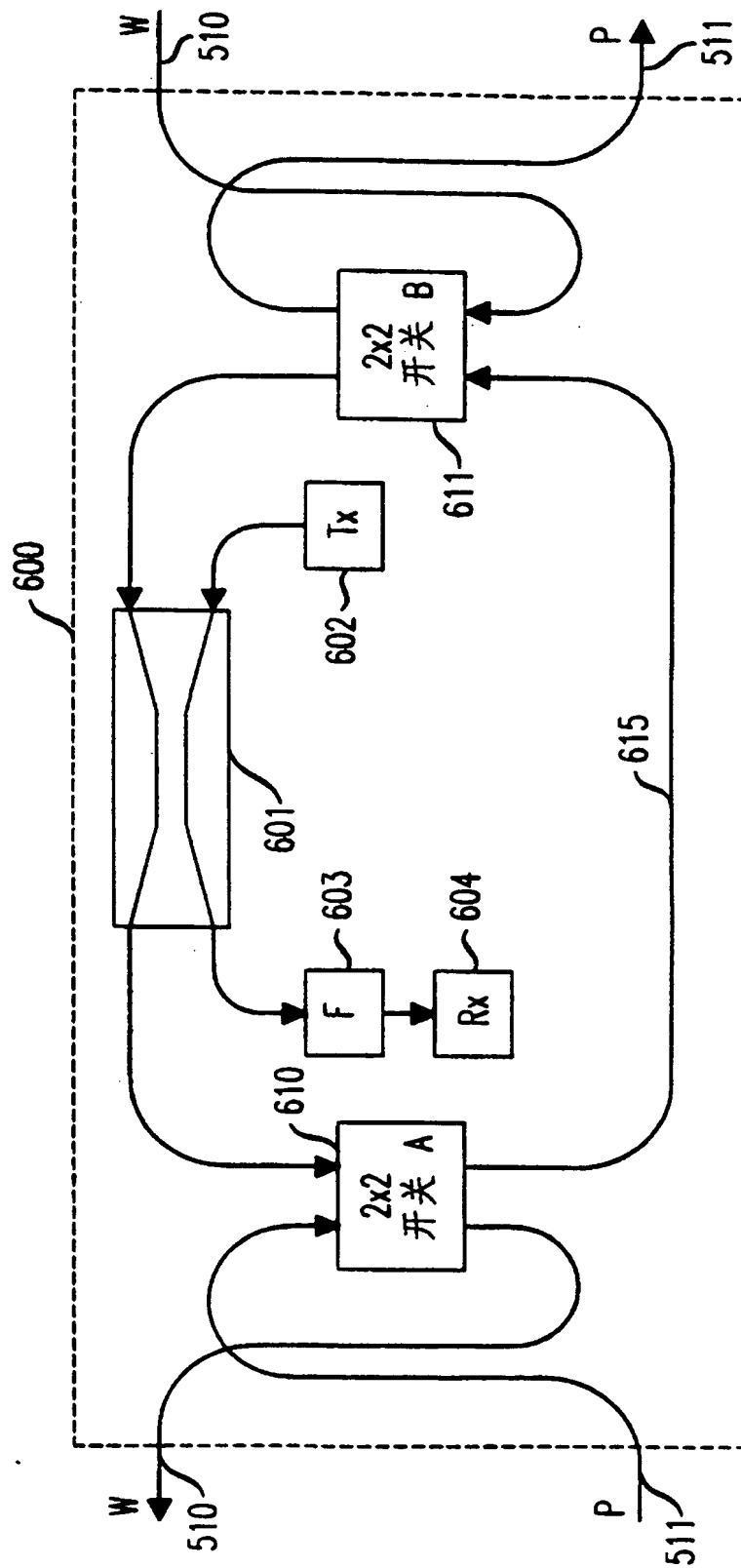


图 10



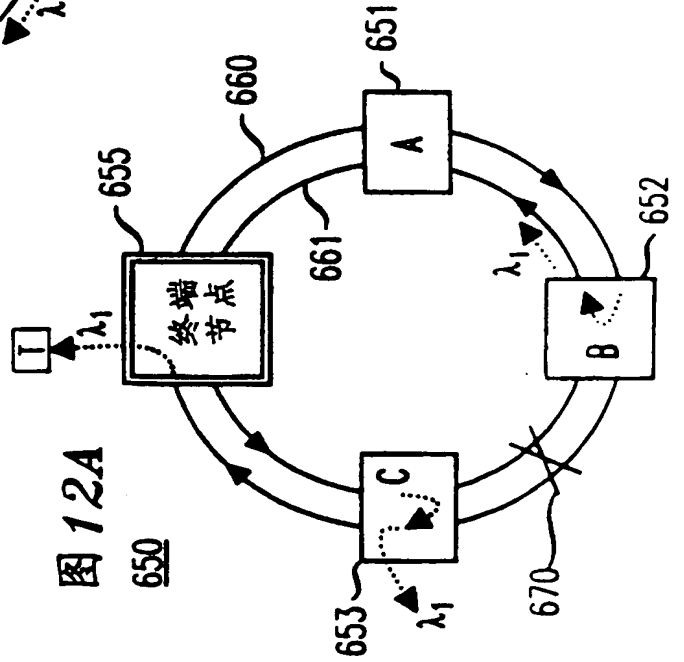
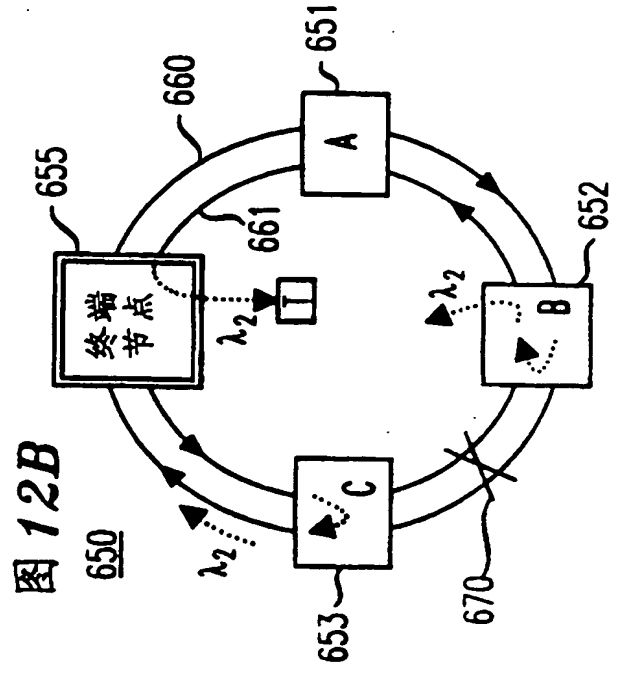
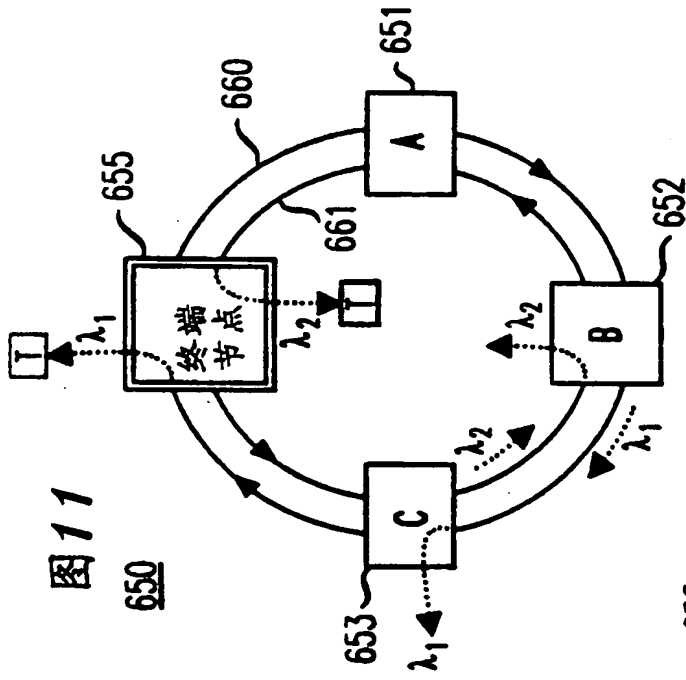
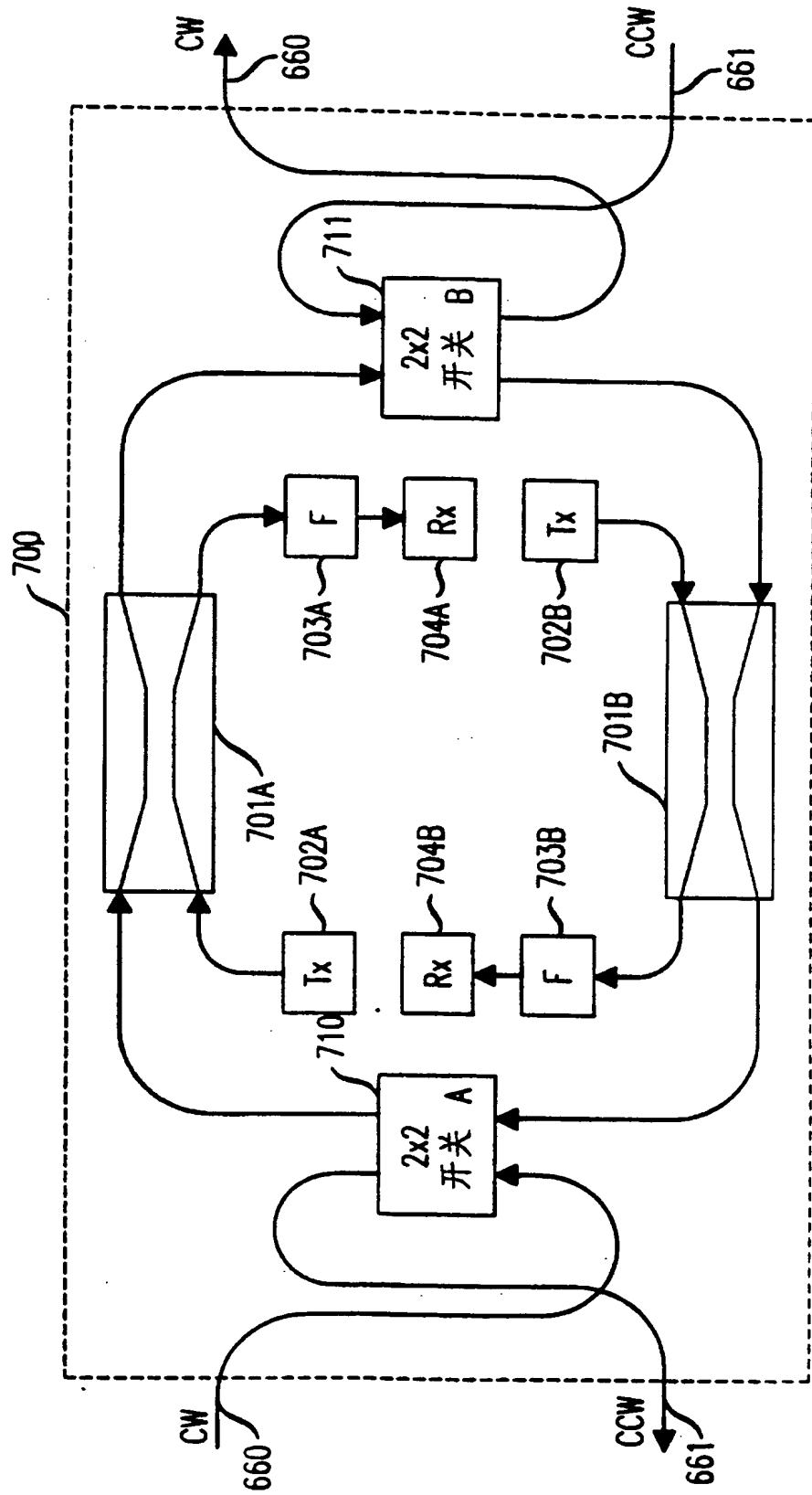


图 13



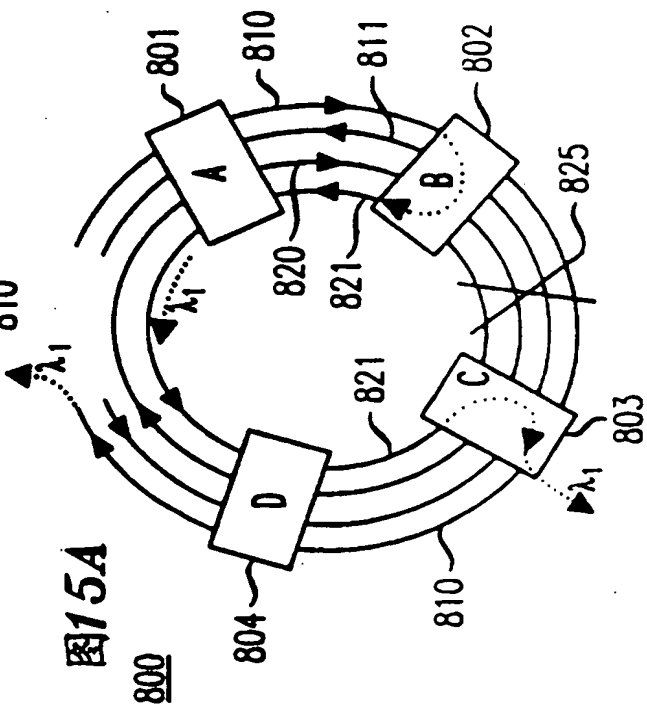
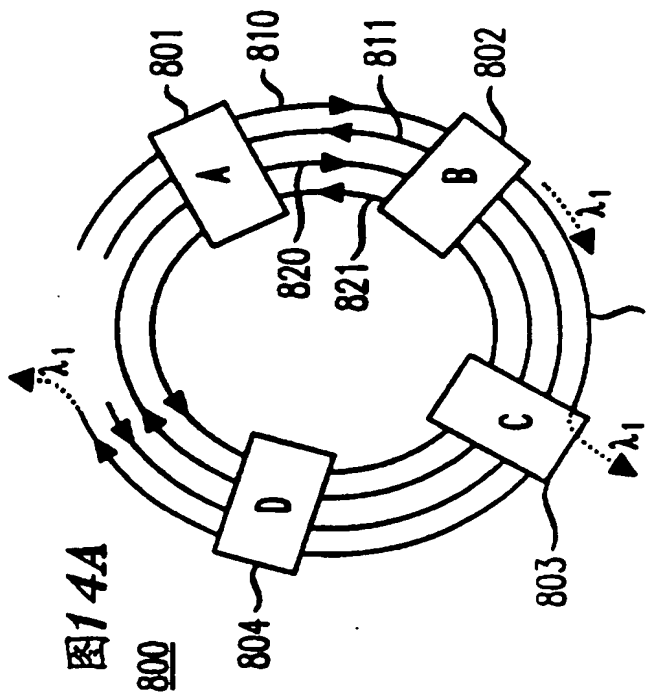
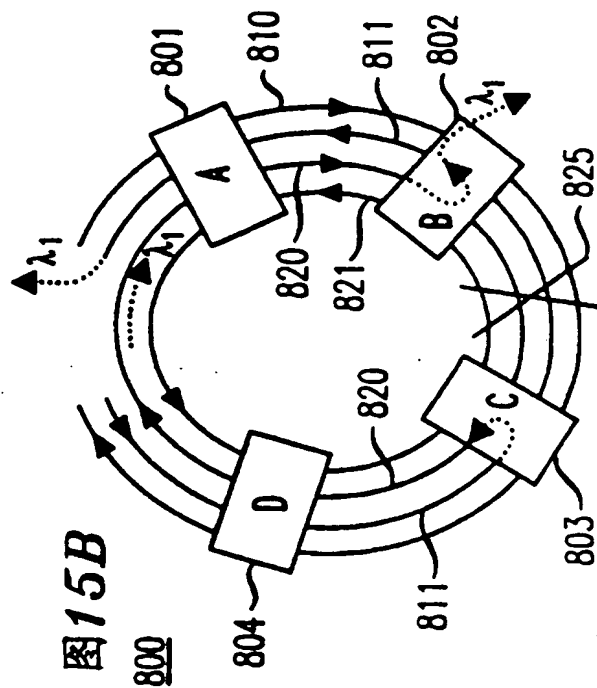
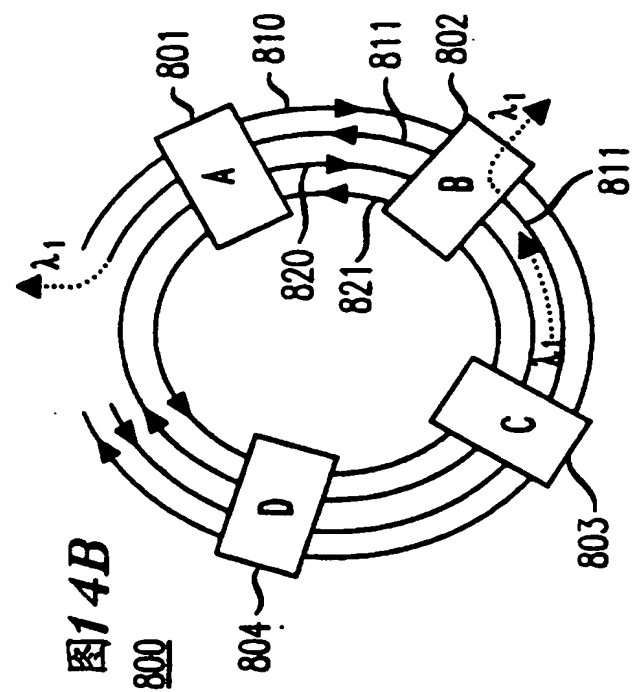


图16

